

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**



**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**<<ΕΛΛΕΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΒΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΟΥ 2011>>**



**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΡΟΥΣΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-  
ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2014**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
Ειδική Συλλογή: «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 12595/1  
Ημερ. Εισ.: 11/04/2014  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ  
2014  
ΡΟΥ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**<<ΕΛΛΕΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΒΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**  
**ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΟΥ 2011>>**

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΡΟΥΣΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-**  
**ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2014**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ. Καθηγήτρια Π.Θ. **Επιβλέπουσα**

ΧΑΛΚΙΔΗΣ Η. Λέκτορας Π.Θ

**Μέλος**

ΑΛΕΞΙΟΥ Ι. Ερευνητής ΕΘΙΑΓΕ

**Μέλος**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα δόθηκε από την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Πρόεδρο του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη στο πλαίσιο των προπτυχιακών σπουδών της Σχολής.

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών και πειραματικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς. Επίσης την ευχαριστώ για την ηθική της υποστήριξη και την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής μου.

Θα ήταν παράληψη μου να μην ευχαριστήσω το φίλο μου Τάσο για την συμπαράσταση και την αγάπη του καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου για την ηθική υποστήριξη και την αγάπη, που μου προσέφεραν όλα τα χρόνια των σπουδών μου και όχι μόνο έτσι ώστε να περατωθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

*Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον αείμνηστο ΝΙΚΟ ΠΑΠΑΝΙΚΟ, για την βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια του πειράματος καθώς ήμουν από τους τυχερούς που όχι μόνο τον γνώρισα καλά αλλά συνεργάστηκα και μαζί του.*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>                      | <b>5</b> |
| <b>2. ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΣΤΕΒΙΑ .....</b>               | <b>8</b> |
| 2.1 Βοτανική κατάταξη .....                   | 8        |
| 2.2 Καταγωγή .....                            | 9        |
| 2.3 Μορφολογία .....                          | 9        |
| 2.3.1 Φυτό .....                              | 9        |
| 2.3.2 Κοτυληδόνες .....                       | 10       |
| 2.3.3 Ρίζα .....                              | 11       |
| 2.3.4 Στέλεχος .....                          | 11       |
| 2.3.5 Φύλλα .....                             | 12       |
| 2.3.6 Άνθη .....                              | 13       |
| 2.3.7 Σπόρος .....                            | 13       |
| 2.4 Βιολογία .....                            | 14       |
| 2.5 Οικολογία .....                           | 15       |
| 2.5.1 Απαιτήσεις νερού .....                  | 15       |
| 2.5.2 Απαιτήσεις εδάφους .....                | 20       |
| 2.5.3 Κλιματικές απαιτήσεις .....             | 20       |
| 2.6 Συγκομιδή .....                           | 23       |
| 2.7 Διαχείριση – Απαιτήσεις σε θρεπτικά ..... | 23       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.7.1 Μακροστοιχεία .....  | 24        |
| 2.7.2 Μικροστοιχεία .....  | 25        |
| 2.8 Προσβολή από μύκητες-έντομα-ζιζάνια .....                      | 26        |
| 2.9 Προσέλκυση μελισσών και πεταλούδων .....                       | 27        |
| <b>3. Η ΣΤΕΒΙΑ ΩΣ ΤΡΟΦΙΜΟ .....</b>                                | <b>28</b> |
| 3.1 Γενικά .....   | 28        |
| 3.2 Χημική σύσταση και Θρεπτικά στοιχεία .....                     | 28        |
| 3.3 Δομή .....   | 29        |
| 3.4 Απομόνωση της γλυκαντικής ουσίας από το φυτό της στέβιας ..... | 31        |
| 3.5 Ιδιότητες .....  | 33        |
| 3.6 Οργανοληπτικές ιδιότητες της rebiana .....                     | 34        |
| 3.7 Χρήσεις στα τρόφιμα .....                                      | 35        |
| 3.8 Ασφάλεια χρήσης .....  | 37        |
| 3.9 Μορφές στέβιας στο εμπόριο .....                               | 38        |
| <b>4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>                                  | <b>41</b> |
| 4.1 Τα Στοιχεία του Πειραματικού Αγρού .....                       | 41        |
| 4.2 Σπορά .....  | 43        |
| 4.3 Μεταφύτευση της καλλιέργειας στο πειραματικό τεμάχιο .....     | 43        |
| 4.4 Άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου .....                    | 44        |
| 4.5 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας .....                                | 47        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.6 Μετρήσεις όσον αφορά την καλλιέργεια της Στέβιας .....     | 48        |
| 4.7 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων .....                 | 49        |
| <b>5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>                                   | <b>50</b> |
| 5.1 Κλιματολογικά Δεδομένα και Νερό Άρδευσης .....             | 50        |
| 5.2 Χαρακτηριστικά των καλλιεργηθέντων φυτών της Στέβιας ..... | 52        |
| 5.2.1 Ύψος φυτού .....   | 52        |
| 5.2.2 Χλωρό βάρος ρίζας .....                                  | 53        |
| 5.2.3 Χλωρό βάρος φύλλων .....                                 | 54        |
| 5.2.4 Χλωρό βάρος βλαστού .....                                | 56        |
| 5.2.5 Ξηρό βάρος φύλλων .....                                  | 57        |
| 5.2.6 Ξηρό βάρος βλαστού .....                                 | 58        |
| <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>                                      | <b>61</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>                                      | <b>61</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>                                 | <b>71</b> |



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αναφέρεται σε μια ενδεχόμενα νέα καλλιέργεια τη στέβια (*Stevia rebaudiana*) και πραγματοποιήθηκε το 2011 στο Αγρόκτημα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, μελετήθηκε η επίδραση της ελλειμματικής άρδευσης στην παραγωγικότητα και την περιεκτικότητα σε γλυκαντική ουσία του φυτού της στέβιας. Το πείραμα περιελάμβανε ένα πλήρες τυχαίοποιημένο σχέδιο με 2 μεταχειρίσεις (δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής και δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 100% της ημερησίας εξατμισοδιαπνοής) σε 4 επαναλήψεις. Για την άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της στάγδην άρδευσης. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος, το χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών και τέλος την απομόνωση της γλυκαντικής τους ουσίας και την ανάλυση της για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων. Επίσης λαμβάνονταν μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση, θερμοκρασία αέρα κλπ.) από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής. Ακολούθως περιγράφεται αδρομερώς το περιεχόμενο έκαστου κεφαλαίου της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στέβια είναι ένα είδος φυτού το οποίο ήταν άγνωστο στην Ελλάδα μέχρι το 2005, όταν άρχισε συστηματική επιστημονική μελέτη για πρώτη φορά και συνεχίζεται έως σήμερα από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας σε συνεργασία με διάφορους φορείς. Έγιναν πειράματα σε παραδοσιακές καπνικές περιοχές όπως Τούμπα Κιλκίς, Καρδίτσα, Νομένικο Ελασσόνας, Ξάνθη, Αγρίνιο, Λαμία, Τρίκαλα, Γρεβενά αλλά και σε άλλες περιοχές (Βελεστίνο), με σκοπό να αποκτηθούν στοιχεία για μια εναλλακτική καλλιέργεια, τα πειράματα αφορούσαν παραγωγή φυταρίων σε παραδοσιακά σπορεία και σε επιπλέοντα (υδροπονικά), λίπανση, αποστάσεις μεταφύτευσης, ζιζανιοκτονία, περιεκτικότητα Στεβιοσίδης και χρόνο συγκομιδής, ανάγκες στέβιας σε νερό, κόστος παραγωγής και Αποδεικτικά. Επιπλέον, τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν για ενημέρωση – εκπαίδευση καπνοπαραγωγών και νέων αγροτών καθώς και διάφορων φορέων του Δημόσιου και Ιδιωτικού τομέα σχετικά με τη δυνατότητα και τις προοπτικές αυτής της καλλιέργειας (Λόλας, Π.Χ., 2009).

Η στέβια όπως και ο καπνός είναι ένα ετήσιο, τροπικό, ποώδες, πολύκλαδο, αρκετά λιτοδίαιτο είδος, που παράγει γλυκαντική ουσία έως και 300 φορές γλυκύτερη από τη κρυσταλλική ζάχαρη. Από έρευνα έως τώρα στην Ελλάδα, στην Ισπανία και τον Καναδά αλλά και σε άλλες χώρες φαίνεται ότι ίσως να αποτελέσει ένα δυναμικό προϊόν και μια εναλλακτική καλλιέργεια για την αντικατάσταση του καπνού στις περισσότερες καπνιστικές περιοχές της Ε.Ε. και ειδικότερα στην Ελλάδα όπου με την νέα ΚΓΠ θα περιορισθεί σημαντικά ή θα εγκαταλειφθεί η καπνοκαλλιέργεια. Επίσης, φαίνεται ότι θα αποδώσει ένα ικανοποιητικό εισόδημα στους παραγωγούς που οδηγούνται στη συρρίκνωση και τη μείωση της καπνοκαλλιέργειας, ενώ αποτελεί ελπίδα και για τους παραγωγούς ζαχαρότευτλων μετά τις αποφάσεις της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (Λόλας, Π.Χ., 2007; <http1>).

Λέγοντας στέβια εννοείται το είδος *Stevia rebaudiana* γιατί είναι το μόνο ανάμεσα στα 250 και πλέον είδη με ικανοποιητική και οικονομικά εκμεταλλεύσιμη περιεκτικότητα σε στεβιοσίδα στα φύλλα της. Η στεβιοσίδα είναι γενικός όρος που χρησιμοποιείται για τις γλυκαντικές ουσίες στα φύλλα της στέβιας, Η Στεβιοσίδα είναι η μια και συγκεκριμένη γλυκαντική ουσία από τις άλλες επιμέρους, όπως είναι η Ρεμπαουδιοσίδα, η Βουλκοσίδα και άλλες (Λόλας, Π.Χ., 2009). Οι γλυκαντικές

ουσίες της στέβιας είναι γλυκύτερες από τη ζάχαρη, χωρίς θερμίδες, που χρησιμοποιούνται στη ζαχαροπλαστική, αλλά και ως συμπλήρωμα διατροφής, αντικαθιστώντας τη σακχαρίνη και τις συνθετικές γλυκαντικές ουσίες (π.χ. ασπαρτάμη), ενώ μπορεί να καταναλωθεί άφοβα και από διαβητικούς. Εκτός από τη χρήση της γλυκαντικής ουσίας, τα φύλλα στέβιας χρησιμοποιούνται χλωρά για δροσερή αναπνοή, ενώ γίνεται εξαιρετικό λικέρ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία τροφίμων και αναψυκτικών. Η στέβια σε γλάστρα ή σε μεγαλύτερη καλλιέργεια στο χωράφι φτάνει σε ύψος 60cm. Στον τόπο καταγωγής της φυτρώνει σε αμμώδη, μικρής γονιμότητας εδάφη, στις όχθες των ποταμών και δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα. Φαίνεται ότι πρόκειται για μια ιδιαίτερα προσοδοφόρα καλλιέργεια καθώς εμφανίζει συγκρατημένο κόστος παραγωγής λόγω των μειωμένων ποτισμάτων που απαιτεί, ενώ δεν έχει εμφανίσει μέχρι σήμερα προβλήματα από έντομα ή ασθένειες, άρα δεν υπάρχει ανάγκη σε ψεκασμούς με αποτέλεσμα να είναι εξαιρετικά εύκολο να ενταχθεί στις βιολογικές καλλιέργειες. Η καλλιέργεια του είδους αυτού μοιάζει πάρα πολύ με την καπνοκαλλιέργεια τόσο ως προς τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, όσο και την παραγωγή φυταρίων (σπορεία-παραδοσιακά, επιπλέοντα), λίπανση, αποστάσεις μεταφύτευσης, απαιτήσεις σε άρδευση, συγκομιδή (με κοπή), αποξήρανση, κ.ά. (Λόλας, Π.Χ., 2009).

Οι Ινδιάνοι της φυλής Γκουαράνι εμφανίζεται να χρησιμοποιούν τα φύλλα της στέβιας ως γλυκαντική ουσία προ-Κολόμβου, πριν από το 1887. Το 1887 ο Antonio Bertoni ένας φυσικός επιστήμονας από την Νότιο Αμερική ήταν ο πρώτος που την <<ανακάλυψε>>. Ο Bertoni αρχικά χαρακτήρισε αυτά τα φυτά σαν *Eupatorium rebaudianum* Bertoni αλλά αργότερα καταχωρήθηκε στο γένος *Stevia* (1905). Υπολογίζεται ότι υπάρχουν πάνω από 80 γνωστά άγρια είδη *Stevias* που καλλιεργούνται στη Βόρεια Αμερική και ίσως τουλάχιστον 200 επιπρόσθετα αυτοφυή είδη στη Νότια Αμερική. Από αυτά μόνο η *Stevia rebaudiana* και άλλα είδη που τώρα εξαλείφθηκαν φαίνεται να έχουν την φυσική γλυκύτητα η οποία διακρίνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Το μυστικό βρίσκεται σε ένα σύνθετο μόριο αποκαλούμενο στεβιοσίδη που είναι γλυκοζίτης αποτελούμενο από γλυκόζη, σοφορόζη και στεβιόλη. Είναι αυτό το σύνθετο μόριο και διάφορες άλλες σχετικές ενώσεις που αποτελούν την εξαιρετική γλυκύτητα της στέβιας. Το φυτό με τη φυσική του μορφή είναι περίπου 10-15 φορές πιο γλυκό από την κρυσταλλική ζάχαρη. Τα εκχυλίσματα της στέβιας υπό μορφή στεβιοσίδης μπορεί να κυμανθούν από 100-300 φορές πιο γλυκά από την κρυσταλλική ζάχαρη. Και το καλύτερο από όλα σύμφωνα

με τους περισσότερους εμπειρογνώμονες δεν έχει επιπτώσεις σε σύγκριση με τη κρυσταλλική ζάχαρη στο μεταβολισμό και την περιεκτικότητα του αίματος σε κρυσταλλική ζάχαρη. Μερικές μελέτες αναφέρουν ότι η στέβια μειώνει τα επίπεδα γλυκόζης στο πλάσμα του αίματος στους κανονικούς ενήλικες (Richard, D., 1999).

Ο σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί η επίπτωση της άρδευσης του φυτού της στέβιας και πως επηρεάζεται η περιεκτικότητα επί τοις % σε γλυκαντική ουσία (Στεβιοσίδη και Ρεμπαουδιοσίδη).

## 2. ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΣΤΕΒΙΑ

### 2.1 Βοτανική κατάταξη

Το όνομα του γένους *Stevia* δόθηκε προς τιμή του Ισπανού βοτανολόγου Dr. Petre James Esteve, ο οποίος έζησε πριν το 1516, ενώ το είδος *rebaudiana* ονομάστηκε προς τιμήν του Παραγουανού χημικού Dr. Reabaudi, ο οποίος ήταν ο πρώτος που απομόνωσε την ουσία που κάνει τα φύλλα της στέβιας τόσο γλυκά.

Ανήκει στην οικογένεια *Asteraceae*, όπως και ο ηλιάνθος, το χαμομήλι, η μαργαρίτα κ.ά.

Στην αρχή είχε καταταχθεί στο γένος *Eupatorium* και επιθετικό είδος *rebaudianum*, αλλά το 1905 ο Bertoni το μετονόμασε σε *Stevia rebaudiana*. Προς τιμή του φαίνεται το όνομα του στην ονομασία της στέβιας, *Stevia rebaudiana* (Bertoni) (Λόλας, Π.Χ., 2009).

Η βοτανική κατάταξη της στέβιας φαίνεται στον Πίνακα 1.

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| Βασίλειο      | Plantae                     |
| Διαίρεση      | Magnoliophyta (Sporophyta)  |
| Κλάση         | Magnoliopsida               |
| Υπόκλαση      | Asteridae                   |
| Τάξη          | Asterales                   |
| Οικογένεια    | Asteraceae                  |
| Υποοικογένεια | Asteroideae                 |
| Γένος         | Stevia                      |
| Είδος         | Stevia rebaudiana (Bertoni) |
| Συνώνυμο      | Eupatorium rebaudianum      |

Πίνακας 1: Βοτανική κατάταξη της στέβιας (Λόλας, Π.Χ., 2009)

### 2.2 Καταγωγή

Η στέβια κατάγεται από την Λατινική Αμερική και καλλιεργείται σε χιλιάδες στρέμματα στην Παραγουάη, τη Βραζιλία και την Αργεντινή. Καταναλώνεται σε μεγάλες ποσότητες στον Καναδά, στην Αυστραλία, στην Ιαπωνία, στην Κορέα, στο Ισραήλ και στη Μαλαισία. Η Ευρωπαϊκή Ένωση την εξετάζει ως εναλλακτική καλλιέργεια και την προτιμά από την ασπαρτάμη. Στην Ελλάδα γίνονται πειράματα σε παραδοσιακές καπνιστικές περιοχές όπως Βελεστίνο, Τούμπα Κιλκίς, Καρδίτσα, Νομένικο Ελασσόνας, Ξάνθη, Αγρίνιο, Λαμία, με σκοπό να μελετηθεί η αποδοτικότητα της στις διάφορες περιοχές για να αποτελέσει ένα δυναμικό προϊόν και μια εναλλακτική καλλιέργεια (Λόλας, Π.Χ., 2009;http1).

Η στέβια πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Σπέρνεται σε σπορεία (Φεβρουάριο-Μάρτιο) και μεταφυτεύεται όπως και ο καπνός από τον Μάιο και συλλέγεται τον Σεπτέμβριο, ενώ όλη η καλλιέργεια είναι μηχανική και απαιτούνται λίγα εργατικά χέρια (Λόλας, Π.Χ., 2007).

## **2.3 Μορφολογία**

### **2.3.1 Φυτό**

Είναι ετήσιο ποώδες, τροπικό και πολύκλαδο φυτό που προέρχεται από τον Λατινική Αμερική (Εικόνα 1). Σύμφωνα με τους Tateo, F. et al. (1998) υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, κυρίως των φύλλων και των στελεχών (Zaidan, L.B.P. et al., 1980).

Αποδείχτηκε ότι υπάρχουν 3 κλάσεις φωτοπεριόδου βασισμένες στο μήκος της ημέρας οι οποίες χρειάζονται περαιτέρω έρευνα για καταλληλότητα τωνπροϋποθέσεων καλλιέργειας σεδιαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.





**Εικόνα 1: Φυτό στέβιας** (<http2>)

### **2.3.2 Κοτυληδόνες**

Οι κοτυληδόνες (Εικόνα 2) είναι σχεδόν στρογγυλές και μοιάζουν πολύ με εκείνες του καπνού, διαστάσεων περίπου 0,5cm (Λόλας, Π.Χ., 2009).



**Εικόνα 2: Κοτυληδόνες στέβιας** (Λόλας, Π.Χ., 2009)

### 2.3.3 Ρίζα

Σύμφωνα με τον Schmeling (1967) η ρίζα έχει ινώδη υφή, είναι σχεδόν θυσσανώδης, πολυετής και έχει πολλές πλάγιες ρίζες. Είναι φυτό με πλούσιο ριζικό σύστημα και η ρίζα δεν προχωράει σε μεγάλο βάθος αλλά είναι επιφανειακή. Είναι το μόνο τμήμα του φυτού που δεν περιέχει στεβιοσίδη (Vargas, R., 1980; Zaidan, L.B.P. et al, 1980). Σύμφωνα με τον Taiariol, D.R. (2004) οι κύριες ρίζες συναθροίζονται στην επιφάνεια του εδάφους ενώ οι λεπτότερες σε βαθύτερη ζώνη (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Ρίζα στέβιας (Λόλας, Π.Χ., 2009)

### 2.3.4 Στέλεχος

Το στέλεχος είναι ετήσιο εύθραυστο και πολύκλαδο (Sakaguchi, M. et al., 1982). Έχει ημιξηλώδες στέλεχος, 5-10 ή/και περισσότερους, ακόμα και 20 ανά φυτό (Εικόνα 4). Ο αριθμός των στελεχών εξαρτάται από τις καλλιεργητικές πρακτικές, τις συνθήκες αύξησης και την ηλικία του φυτού. Σε φυτά δύο ή περισσότερων ετών (επιζούν από τη μία χρονιά στην άλλη) το στέλεχος που προέρχονται από την αναβλάστηση κάθε Άνοιξη (συνήθως το Μάρτιο) είναι περισσότεροι από ότι σε φυτά του έτους. Το στέλεχος όσο είναι ποώδης φέρουν πυκνό κοντό ασπριδερό τρίχωμα. Στη το στέλεχος φτάνουν το ύψος των 50-80cm στο κατάλληλο στάδιο συγκομιδής (Λόλας, Π.Χ., 2009).





**Εικόνα 4: Στέλεχος στέβιας (<http3>)**

#### **2.3.5 Φύλλα**

Τα πρώτα φωτοσυνθετικά όργανα σχηματίζονται μετά από το φύτεμα των δύο κοτυληδόνων που υπάρχουν στο σπόρο (Εικόνα 5). Το σχήμα τους είναι στρογγυλό. Η στέβια έχει μια εναλλασσόμενη διάταξη φυλλώματος και έχει την τάση να μεγαλώνει σαν θάμνος με τα άνθη διατεταγμένα σε ακαθόριστο σχήμα. Τα φύλλα είναι μικρά, λογχοειδή, επιμήκη, οδοντωτά και γλυκά (Dwivedi, R.S., 1999). Για την στέβια ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) στις 80 ημέρες είναι 4,83 (Fronza, D. et al., 2003).



**Εικόνα 5: Φύλλα στέβιας (<http4>)**

### 2.3.6 Άνθη

Το άνθος (Εικόνα 6) είναι αυτοασυμβίβαστο (Chalapathi, M.V. et al., 1997b; Miyagawa, H. et al., 1986) και πιθανών φυτό επικονιαζόμενο με έντομα (Oddone, B., 1997). Τα άνθη είναι μικρά και άσπρα (Dwivedi, R.S., 1999). Η γύρη μπορεί να είναι αλλεργική. Η ταξιανθία είναι κόρυμβος με 2-6 ανθύδια (Goettemoeller, J. et al., 1999). Το φυτό χρειάζεται περισσότερο από 1 μήνα για να παράγει όλα τα άνθη (Tairiol, D.R., 2004).



**Εικόνα 6: Ανθισμένο φυτό στέβιας (http5)**

### 2.3.7 Σπόρος

Οι Shock, C.C. (1982), Duke, J. (1993) και Carneiro, J.W.P. et al. (1997) αναφέρουν ότι το ποσοστό των βιώσιμων σπόρων της στέβιας είναι χαμηλό. Ο Oddone, B. (1997) παρατήρησε ότι οι <<καθαροί>> σπόροι είναι στείροι. Οι σπόροι έχουν λεπτό αχάινιο μήκος 3mm. Η αναπαραγωγή σε αυτοφυή φυτά γίνεται κυρίως μέσω σπόρων αλλά η βιωσιμότητα του σπόρου είναι φτωχή και ασταθής (Lester, T., 1999). Οι σπόροι έχουν πολύ μικρό ενδοσπέρμιο και διασκορπίζονται στον αέρα (Εικόνα 7).

Μια εργασία που ανέλαβε να διερευνήσει την χαμηλή φυτρωτικότητα των σπόρων της στέβιας μέσω μιας μεταχείρισης τεχνητής επικονίασης σαν μια μέθοδο για αύξηση της φυτρωτικότητας του σπόρου φανέρωσε πως κάποιοι χειρισμοί των ανθέων είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί επικονίαση (Goettemoeller, J. et al., 1999).



**Εικόνα 7: Σπόρος στέβιας** (<http6>)

## 2.4 Βιολογία

Η στέβια είναι ένα πολυετές φυτό που ζει ή καλλιεργείται, εάν δεν ζημιωθεί από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα, για 3-7 χρόνια. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο, με χωρισμό του ριζικού συστήματος και με μοσχεύματα βλαστού. Ως ετήσιο φυτό από σπόρο αρχίζει το βιολογικό του κύκλο σε σπορεία (Φεβρουάριο-Μάρτιο) όπου χρειάζεται περί τις 50-60 ημέρες για να αποκτήσει το μέγεθος για μεταφύτευση. Το φύτευμα γίνεται σε 15 με 20 ημέρες και επηρεάζεται καθοριστικά από τη θερμοκρασία. Μετά τη μεταφύτευση στο χωράφι (Απρίλιο-Μάιο) χρειάζεται γύρω στις 70 με 100 ημέρες για να φτάσει η στέβια στο στάδιο της συγκομιδής. Τον πρώτο μήνα μετά τη μεταφύτευση η στέβια μεγαλώνει αργά, ιδίως αν επικρατήσουν υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία. Παράλληλα, το φυτό αρχίζει την έκπτυξη πλάγιων βλαστών και το αδελφωμα. Όσο περισσότερο πολυδιακλαδώνει ένα φυτό τόσο μεγαλύτερη απόδοση αναμένεται. Ο πολυδιακλαδισμός, εξαρτάται από τις καλλιεργητικές προοπτικές, τις αποστάσεις μεταφύτευσης, τις συνθήκες αύξησης και την ηλικία του φυτού.

Μετά περίπου τις 30 ημέρες η στέβια αρχίζει να μεγαλώνει με γρήγορο ρυθμό και σε 50-60 ημέρες φτάνει στο στάδιο συγκομιδής. Στα φυτά δύο ή ερισσότερων ετών (επέζησαν στις θερμοκρασίες του χειμώνα) η αναβλάστηση κάθε Άνοιξη αρχίζει συνήθως το Μάρτιο και η στέβια μπορεί να δώσει και δεύτερη συγκομιδή.

Η έναρξη της άνθισης παρατηρείται από τις 60-70 ημέρες και μετά και σχετίζεται ισχυρά με τη ποικιλία και τον βιότοπο. Η συμπλήρωση της άνθισης γίνεται σε 30-40 ημέρες και η ωρίμανση του σπόρου χρειάζεται άλλες 20-30 ημέρες. Η συγκομιδή (κοπή του υπέργειου μέρους) στη στέβια γίνεται μόλις αρχίζει η άνθιση (Λόλας, Π.Χ., 2009).

## 2.5 Οικολογία

### 2.5.1 Απαιτήσεις Νερού

Η γνώση σε ότι αφορά τις απαιτήσεις νερού στην καλλιέργεια σε διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης προκαλεί υψηλότερη στρεμματική απόδοση και ορθολογική. Οι φυσικοί πληθυσμοί συναντώνται σε περιοχές όπου υπάρχει συνεχόμενη υγρασία αλλά όχι ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης. Η στέβια συνήθως παρατηρείται σε περιοχές όπου υπάρχουν υψηλά ποσοστά υπόγειου νερού ή σε συνεχώς υγρά εδάφη. Δεν απαιτεί συχνή άρδευση ξερώντας πως είναι ευαίσθητη στο stress όταν υπάρχει περίσσεια υγρασίας, σημειώνεται πως η καλλιέργεια προτιμά υγρά εδάφη. Για οικονομική καλλιέργεια της στέβιας η άρδευση είναι απαραίτητη (Donalisio, M.G. et al., 1982). Το φυτό έχει μικρή ανεκτικότητα στο pH έτσι δεν θα πρέπει να αναπτύσσεται με νερό χαμηλής ποιότητας (Shock, C.C., 1982).

Η ανάπτυξη του φυτού ήταν άριστη σε εδάφη με περιεκτικότητα νερού της τάξης του 43,0-47,6%. Οι ημερήσιες απαιτήσεις σε νερό κατά μέσο όρο είναι 2,33mm ανά φυτό (Goenadi, D.H., 1983). Επομένως η εξασφάλιση της άριστης ποιότητας νερού με τα φυτά της στέβιας είναι ένας παράγοντας που συσχετίζεται στενά με την καλλιέργεια της (Cerna, K., 2000). Απαιτεί ελεύθερη άρδευση μετά την μεταφύτευση και πριν και μετά τη συγκομιδή των φύλλων (Andolfi, L. et al., 2002). Ο μέσος όρος εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ET<sub>e</sub>) μετρήθηκε στα 5,75 mm/ημέρα και η κατανάλωση ήταν υψηλή κατά τη διάρκεια όλου του κύκλου. Η άρδευση με 117% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ET<sub>e</sub>) ήταν 13% καλύτερη από το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας στην απόδοση της στέβιας. Η εξατμισοδιαπνοή κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου χωρίζεται σε 3 μέρη: 6,66 mm/ημέρα (0-25 ημέρα), 5,11 mm/ημέρα (26-50 ημέρα) και 5,49 mm/ημέρα (51-75 ημέρα) στη Βραζιλία (Fronza, D. et al., 2002).



Ο φυσικός συντελεστής της καλλιέργειας  $K_c$  είναι το ποσοστό μεταξύ της ενεργού εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>e</sub>) και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>p</sub>). Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μια παράμετρος ως προς την κρίση της απαίτησης νερού. Ο Gonzalez, R.E. (2000) αναφέρει τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας  $K_c = 0,25$  από 0-25 ημέρα,  $K_c = 0,56$  από 26-50 ημέρα και  $K_c = 0,85$  από 51-80 ημέρα στην Παραγουάη ενώ ο Fronza, D. et al. (2003) αναφέρουν τιμές  $K_c = 1,45$ ,  $K_c = 1,14$ ,  $K_c = 1,16$  στην Ιταλία στις προαναφερόμενες φάσεις αντίστοιχα.

Η γεωργία αποβλέπει στη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος και οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας πρέπει να προσδιορίζονται σαν αυτές που αποφέρουν το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Οι ανάγκες αυτές εκφράζονται από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας. Ο σωστός υπολογισμός των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών πρέπει να βασίζεται στο τρίπτυχο. (1) ακριβής υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας, που αποσκοπεί στο μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα κάτω από τις συνθήκες της περιοχής, (2) ακριβέστερος δυνατός υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και (3) αντιπροσωπευτικοί

Εξάτμιση (evaporation): η μετατροπή του νερού από την υγρή στην αέρια φάση  
Ο ρυθμός εξάτμισης εξαρτάται από:

1. τη φυσική διαθεσιμότητα του νερού
2. τη διαθεσιμότητα ενέργειας στην επιφάνεια
3. τη δυνατότητα διάχυσης των παραγόμενων υδρατμών στην ατμόσφαιρα

Διαπνοή (transpiration): η μετατροπή του νερού σε υδρατμούς που πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας, και ιδίως των φυλλωμάτων των φυτών (έδαφος – ρίζες - αγγειακό σύστημα - πόροι φυλλωμάτων – στόματα).

Δεδομένου ότι ο ρυθμός διαπνοής ελέγχεται από τα φυτά μέσω της ρύθμισης του ανοίγματος των στομάτων, η διαπνοή ελαττώνεται όταν η διαθεσιμότητα νερού είναι μικρή και μηδενίζεται κατά τη διάρκεια της νύκτας όπου η διαδικασία της φωτοσύνθεσης διακόπτεται και τα στόματα κλείνουν.

Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή: Η απευθείας εξάτμιση από το έδαφος και η διαπνοή γίνονται ταυτόχρονα στη φύση και είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι υδρατμοί που παράγονται με τις δυο διεργασίες. Ως εκ τούτου, ο όρος εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration – ET) χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη

συνολική διεργασία μεταφοράς νερού στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες.

Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή: Η ποσότητα εξατμισοδιαπνοής (potential evapotranspiration - EPT ή PET) που πραγματοποιείται σε πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες με χλωρίδα επιφάνειες, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι πάντα μικρότερη (συνήθως πολύ μικρότερη τους θερινούς μήνες) ή το πολύ ίση με την δυνητική εξατμισοδιαπνοή.

Ο όρος εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration) περιγράφει το σύνολο των πραγματικών απωλειών νερού από την εξάτμιση υγρασίας των εδαφών και από τη διαπνοή της χλωρίδας (Σχήμα 1). Ως συνώνυμοι έχουν χρησιμοποιηθεί οι όροι εξατμοδιαπνοή και εξατμισιδιαπνοή. Το νερό εισέρχεται στα φυτά μέσω του ριζικού συστήματος, κυκλοφορεί μέσα από τους ιστούς και τελικά το μεγαλύτερο ποσοστό αυτού (πάνω από 95%) αποδίδεται τελικά στην ατμόσφαιρα, μέσω της διαπνοής. Η κύρια έξοδος του νερού προς την ατμόσφαιρα είναι μικροσκοπικά ανοίγματα -που ονομάζονται στομάτια και υπάρχουν σε αριθμό που εξαρτάται από το είδος- στα φύλλα των φυτών. Έτσι το φυτό λειτουργεί ως μία αντλία που μεταφέρει νερό από το έδαφος στην ατμόσφαιρα. Στην πορεία το φυτό απορροφά τα θρεπτικά στοιχεία που είναι διαλυμένα στο νερό τα οποία και χρησιμοποιεί στο πλαίσιο των φυσιολογικών λειτουργιών του. Παράλληλα από την επιφάνεια του εδάφους εξατμίζεται νερό. Η εξατμισοδιαπνοή λοιπόν συμμετέχει ουσιαστικά στην μετακίνηση νερού προς την ατμόσφαιρα, αποτελώντας ένα σημαντικό μέρος του υδρολογικού ισοζυγίου ή αλλιώς κύκλου του νερού. Ακόμη, επειδή για τη λειτουργία του μηχανισμού της εξατμισοδιαπνοής απαιτείται η χρήση ενέργειας, αυτή αποτελεί σημαντικό μέρος και του ενεργειακού ισοζυγίου. Κάθε μόριο νερού απαιτεί μία ποσότητα ενέργειας για να μεταβεί από την υγρή στην αέρια κατάσταση (υδρατμός). Η ενέργεια που δίνει κίνηση στη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται κατά κύριο λόγο από τον ήλιο.

Μέσω του αγγειώδους ιστού των φυτών το νερό κινείται από τις ρίζες προς τους βλαστούς για να καταλήξει στα φύλλα όπου υδρατμοί γεμίζουν τους διαθέσιμους μεσοκυττάριους χώρους. Τα στομάτια συνδέουν τους χώρους αυτούς με τον αέρα που περιβάλλει το φυτό δίνοντας έτσι τη δυνατότητα ανταλλαγής αερίων. Επειδή ο αέρας στους μεσοκυττάριους χώρους είναι συνήθως κορεσμένος σε υδρατμούς (περιέχει τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει για τις δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος) ενώ ο εξωτερικός ατμοσφαιρικός αέρας

συνήθως δεν είναι, παρατηρείται διάχυση του υδρατμού από το εσωτερικό του φυτού προς την ατμόσφαιρα (όπου υπάρχει χώρος για υδρατμούς) . Αυτός είναι και ο κύριος μηχανισμός της διαπνοής. Στην συνέχεια το κενό που αφήνουν στους μεσοκυττάριους χώρους οι υδρατμοί που ελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα, αναπληρώνεται από νερό των γειτονικών κυττάρων, αναπλήρωση που σταδιακά φθάνει έως τα κύτταρα των ριζών που με τη σειρά τους για να αναπληρώσουν το κενό απορροφούν νερό από το έδαφος. Αυτό ονομάζεται ρεύμα διαπνοής και είναι ο βασικός τρόπος εφοδιασμού των φυτών με νερό . Μία παρόμοια κατάσταση διαδραματίζεται στο έδαφος με τους υδρατμούς που γεμίζουν τους πόρους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια να μεταβαίνουν στην ατμόσφαιρα.

Ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες όπως είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια έκθεσης σε αυτή, η θερμοκρασία, η υγρασία και ο άνεμος. Ακόμη εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και η περιεκτικότητα αυτού σε υγρασία, το είδος και το βαθμό ανάπτυξης της χλωρίδας καθώς και το ποσοστό του εδάφους που καλύπτεται από αυτή. Για δεδομένο συνδυασμό εδάφους και φυτοκάλυψης (είδος και ποσοστό κάλυψης) η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί ουσιαστικά έναν σύνθετο κλιματικό παράγοντα.

Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην εξατμισοδιαπνοή έχει ως εξής:

- Ηλιακή ακτινοβολία:** Η εξατμισοδιαπνοή γίνεται εντονότερη όσο αυξάνει η ένταση και ο χρόνος έκθεσης; του συστήματος φυτά-έδαφος στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία εκτός από την άμεση παροχή ενέργειας; ώστε να εξατμιστεί το νερό, επιδρά και σε όλους τους υπόλοιπους κλιματικού; παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή.

- Θερμοκρασία:** Η εξατμισοδιαπνοή γίνεται εντονότερη όταν αυξάνει η θερμοκρασία. Οι υψηλές θερμοκρασίες; προκαλούν το άνοιγμα των φυτικών κυττάρων που ελέγχουν τα στο μάτια με αποτέλεσμα την εντονότερη μεταφορά υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Ο μηχανισμός αυτός βοηθά και στην ψύξη των φυτών.

- Σχετική υγρασία:** Όσο αυξάνει η σχετική υγρασία του αέρα τόσο ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής μειώνεται. Μεγαλύτερη σχετική υγρασία σημαίνει ότι ο αέρας πλησιάζει στον κορεσμό όσο αφορά τη δυνατότητα συγκράτησης; υδρατμών και επομένως έχει λιγότερο χώρο για νέες ποσότητες από αυτούς.

•Ανεμος: Εντονότερη κίνηση του αέρα προκαλεί εντονότερη εξατμισοδιαπνοή. Αυτό σχετίζεται βασικά με την υγρασία του αέρα μια και ο άνεμος συντελεί στην απομάκρυνση από τις επιφάνειες του αέρα που έχει δεχθεί ήδη μεγάλες ποσότητες υδρατμών και έτσι πλησιάζει στον κορεσμό και αντικατάστασή του με ξηρότερο αέρα από άλλες περιοχές της ατμόσφαιρας.

•Εδαφική υγρασία: Όταν δεν υπάρχει αρκετή υγρασία στο έδαφος, τα φυτά καταπονούνται και διαπνέουν μικρότερες ποσότητες νερού. Αυτό σημαίνει και το ότι μικρότερες ποσότητες θρεπτικών συστατικών εισέρχονται στα φυτά αλλά και το ότι καταπονούνται θερμικά. Εάν η κατάσταση αυτή διαρκέσει τα φυτά υπόκεινται σε φυσιολογικές μεταβολές παράγουν λιγότερο και έχουν κίνδυνο να ξεραθούν.

•Είδος φυτού: Τα διάφορα είδη φυτών, παρουσιάζουν διαφορές όσο αφορά την ένταση της διαπνοής που μπορούν να αναπτύξουν. Αυτό σχετίζεται κυρίως με την εξελικτική τους προσπάθεια να προσαρμοστούν στο κλίμα της περιοχής όπου αναπτύσσονται.

Ως σύνθετος κλιματικός παράγοντας η εξατμισοδιαπνοή μεταβάλλεται τόσο σε επίπεδο έτους όσο και σε επίπεδο ημέρας, ακολουθώντας τις εποχικές και ημερήσιες διακυμάνσεις των παραγόντων που την επηρεάζουν.

### **Περιβαλλοντική σημασία της εξατμισοδιαπνοής**

Μία σημαντική εφαρμογή της εξατμισοδιαπνοής με πολύ σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετίζεται με τη χρήση της ως εργαλείο εκτίμησης των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών αλλά και των έργων πράσινου σε νερό. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι το 80% των υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για άρδευση και για το λόγο αυτό η καλύτερη δυνατή εκτίμηση της ποσότητας του νερού που απαιτείται για άρδευση, οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση του πολύτιμου αυτού φυσικού πόρου.

Με απλά λόγια εάν εκτιμηθεί η ποσότητα νερού που μεταβαίνει από μία περιοχή με φυτοκάλυψη προς τον αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής τότε -με δεδομένο ότι αυτή αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 95% του νερού που περνά μέσα από τα φυτά- γίνεται πρακτικά γνωστή και η ποσότητα νερού που πρέπει να αναπληρωθεί μέσω της άρδευσης ώστε να παράγουν σύμφωνα με το δυναμικό τους οι καλλιέργειες και να διατηρείται το πράσινο σε καλή κατάσταση. Στους υπολογισμούς αυτούς πρέπει σε



κάθε περίπτωση να λαμβάνεται υπόψη και η ποσότητα εδαφικής υγρασίας που αναπληρώνεται από τη βροχή. Στην συνέχεια οι διαχειριστές της άρδευσης σε κάθε περιοχή δεν έχουν παρά να δώσουν στα φυτά την απαιτούμενη ποσότητα νερού αποφεύγονται περιττές σπατάλες .

Τέλος η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αποτελεί πολύτιμο εργαλείο όσο αφορά την διαχείριση οικοσυστημάτων όπως τα δάση, οι υδροβιότοποι.

Για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που διαφέρουν μεταξύ τους τόσο όσο αφορά την προσέγγιση (άμεσες ή έμμεσες - υπολογιστικές μέθοδοι), την φυσική βάση (υδατικό, ενεργειακό ισοζύγιο ή συνδυασμός τους) όσο και σχετικά με τον αριθμό των κλιματικών παραμέτρων που λαμβάνουν υπόψη τους. Τυπικές συσκευές εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής αποτελούν το εξατμισόμετρο (evaporation pan) και το λυσίμετρο (lysimeter. Η ερευνητική προσπάθεια για την αναζήτηση ακριβέστερων και απλούστερων μετρητικών και υπολογιστικών προσεγγίσεων παραμένει σε εξέλιξη.

### **2.5.2 Απαιτήσεις Εδάφους**

Η εμφάνιση της στέβιας παρατηρείται σε όξινα, άγονα, αμμώδη ή εδάφη με λίπανση κοπριάς, με επάρκεια διαθέσιμου νερού (Shock, C.C., 1982). Το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφών αλλά έχει μικρή ανεκτικότητα στην αλατότητα και έτσι δεν θα πρέπει να καλλιεργείται σε αλατούχα εδάφη (Chalapathi, M.V. et al., 1997b).

Τα αλατούχα εδάφη παρατηρούνται σε άκρες βάλτων και σε περιοχές όπου στα εδάφη υπάρχει χαμηλός υδροφόρος ορίζοντας. Τα εδάφη αυτά είναι τυπικά άγονα, όξινα και αμμώδη. Η στέβια αναπτύσσεται καλά σε ένα μεγάλο εύρος εδαφών αρκεί να υπάρχει μια σταθερή ποσότητα υγρασίας και επαρκή στράγγιση. Επιπλέον μπορεί να αναπτυχθεί καλά σε δάση και αλπικές περιοχές (European Commission, 1999).

### **2.5.3 Κλιματικές Απαιτήσεις**

Η στέβια έχει επιτυχώς αναπτυχθεί σε πολλές γεωγραφικές τοποθεσίες σ'όλο τον κόσμο, παρόλο που προέρχονται από τα υψίπεδα της βορειοανατολικής Παραγουάης η οποία βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 23ο και 24ο (Shock, C.C., 1982) και γεωγραφικό μήκος 54ο και 56ο (Alvarez, M., 1984; Bertonha, A. et al., 1984; Monteiro, R., 1986).

Η στέβια αναπτύσσεται σαν πολυετής καλλιέργεια σε υποτροπικές περιοχές συμπεριλαμβανομένων και περιοχών των Η.Π.Α., ενώ αναπτύσσεται σαν πολυετής καλλιέργεια σε περιοχές μέσου και υψηλού γεωγραφικού πλάτους (Goettemoeller, J. et al., 1999).

Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν πως οι αποδόσεις εξαρτώνται από τα γενετικά χαρακτηριστικά του φυτού και την φαινοτυπική έκφραση, η οποία σε τελευταία ανάλυση εξαρτάται από κλιματικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Ermaikov, E.I. et al., 1996; Metivier, J. et al., 1979).

Σε σχέση με πολλά φυτά η ανάπτυξη και η άνθηση της στέβιας εξαρτώνται από την ακτινοβολία, το μήκος της ημέρας, την θερμοκρασία και τον άνεμο σε εκτεθειμένες περιοχές (Chen, K. et al., 1978).

Ο Tateo, F. et al. (1999) έχει αναφέρει πως περιβαλλοντικοί και γεωπονικοί παράγοντες ασκούν μεγαλύτερη επιρροή στην παραγωγή στεβιοσίδης παρά στην ανάπτυξη του φυτού. Για καλλιέργεια στέβιας το ιδανικό κλίμα θεωρείται το ημιτροπικό με θερμοκρασιακό εύρος από -6 έως 43°C με μέσο όρο 23°C (Brandle, J.E. et al., 1992).

## 1) Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία έχει παρατηρηθεί να επηρεάζει την διαθεσιμότητα σε θρεπτικά στοιχεία, το φύτρωμα, την ανάπτυξη του φυτού και των βλαστών, την επιβίωση τον χειμώνα, την φωτοπερίοδο και την αναπνοή. Σύμφωνα με τον Sumida, T. (1980) και Sakagunchi, M. et al. (1982) πιστεύεται πως το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας για την ανάπτυξη της στέβιας είναι μεταξύ 15 και 30°C ενώ μπορεί να αντεπεξέλθει σε κρίσιμη θερμοκρασία όπως 0-2°C.

Ο Sakagunchi, M. et al. (1982) αναφέρουν πως το κατώτερο θερμοκρασιακό όριο είναι -3°C. Η διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας είναι ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας για την παραγωγή στεβιοσίδης. Η καλύτερη ανάπτυξη του φυτού και η απόδοση σε στεβιοσίδα επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία 25/20°C ημέρα/νύχτα (Mizukami, H. et al., 1983).

Σύμφωνα με τον Barathi, N. (2003) η μέγιστη θερμοκρασία την ημέρα δεν πρέπει να ξεπερνά τους 40°C και η ελάχιστη την νύχτα να μην είναι κάτω από 10°C για την ευνοϊκή ανάπτυξη της στέβιας.

## 2) Γεωγραφική Εξάπλωση

Ο Bertoni, M.S. (1905) έχει περιγράψει το εύρος κατανομής από 22ο30'-25ο30' νότιο γεωγραφικό πλάτος και από 55ο μέχρι 57ο δυτικό γεωγραφικό μήκος, ενώ ο Sunk, T.(1975) περιέγραψε με μεγαλύτερη ακρίβεια από 22ο έως 24ο νότια και 55ο έως 56ο δυτικά σε ζώνες με υψόμετρο από 200-700m. Η περιοχή που αναπτύχθηκε πρώτα η στέβια είναι σε γεωγραφικό πλάτος 25ο νότια σε μια ημιτροπική περιοχή στην βορειοανατολική Παραγουάη σε υψόμετρο μεταξύ 500 και 1500 μέτρων με ένα ετήσιο μέσο όρο θερμοκρασίας 25οC και ένα ετήσιο μέσο όρο βροχόπτωσης 1375mm/έτος (Shock, C.C.,1982; Sumida, T., 1973).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (1999) έχει αποφανθεί ότι η στέβια αναπτύσσεται κυρίως σε υψόμετρα από 500-3000m σε ορεινές περιοχές που δεν επικρατεί ούτε μεγάλη υγρασία ούτε υψηλά ποσοστά βροχόπτωσης. Ο πίνακας 2 παρουσιάζει διάφορες περιοχές που αναπτύσσεται η στέβια καθώς και τα κλιματικά τους χαρακτηριστικά.

**Πίνακας 2: διάφορες περιοχές που αναπτύσσεται η στέβια και τα κλιματικά τους χαρακτηριστικά (Midmore, D.J. et al., 2002).**

| Περιοχή             | Γεωγραφικό πλάτος | Βροχόπτωση | Υψόμετρο | Τοπογραφία |
|---------------------|-------------------|------------|----------|------------|
| Αγ.Πετρούπολη Ρωσία | 60 B              | -          | <200     | Πεδιάδα    |
| Βόρεια Κίνα         | 45 B              | 600        | <200     | Πεδιάδα    |
| Καναδά              | 43 B              | -          | 250-300  | -          |
| Κεντρική Κίνα       | 32 B              | 2000       | <200     | Παράκτια   |
| Καλιφόρνια          | 38 B              | -          | <200     | -          |
| Ταϊλάνδη            | 18 B              | 1260       | 300      | Ορεινά     |
| Βραζιλία            | 23 N              | 1620       | 500      | Ορεινά     |
| Ινδονησία           | 7 N               | 2300       | 1000     | Επικλινή   |
| Παραγουάη           | 23 N              | 1620       | 500      | Ορεινά     |
| Μεξικό              | 25 B              | 200        | <200     | Παράκτια   |

## 3) Φωτοπερίοδος

Η στέβια είναι πολύ ευαίσθητη στο μήκος της ημέρας και απαιτεί παρουσία φωτός από 12-16 ώρες. Οι φυσικοί πληθυσμοί της στέβιας, σε νότιο γεωγραφικό

πλάτος 21ο-22° αρχίζουν να ανθίζουν από τον Ιανουάριο μέχρι τον Μάρτιο αντίστοιχα στο βόρειο ημισφαίριο από Ιούλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Εάν η στέβια αναπτυχθεί σε θερμοκρασία 25οC κάτω από συνεχόμενες μέρες υψηλής ηλιοφάνειας (16 ώρες φωτοπερίοδο) θα

παραμείνει σε βλαστικό στάδιο (Monteiro, W.R. et al., 2001).

Από τις απαιτήσεις σε φωτοπερίοδο μπορούμε να συμπεράνουμε πως η καλλιέργεια σε περιοχές με μεγάλη καλοκαιρινή περίοδο θα ήταν ιδανική για υψηλή απόδοση σε στεβιοσίδη αλλά η παραγωγή σπόρου είναι πολύ δύσκολη (Shock, C.C., 1982).

#### **4) Φως**

Η στέβια είναι ένα φυτό που αγαπάει τον ήλιο και ευδοκimeί σε ζεστό, υγρό και ηλιόλουστο κλίμα (Jia, G.N., 1984).

### **2.6 Συγκομιδή**

Ο βέλτιστος χρόνος της συγκομιδής εξαρτάται από την ποικιλία και την αυξανόμενη εποχή. Τα φύλλα συγκομίζονται περίπου 4 μήνες μετά από με την κοπή των φυτών σε περίπου 5-10 εκατ. επάνω από το έδαφος (Donalisio, M.G. et al., 1982). Εντούτοις αυτό πρέπει να γίνει, στο μέγιστο στάδιο βιομάζας της καλλιέργειας, διαφορετικά η μείωση παραγωγής είναι δυνατή (Shuping, C. et al., 1995). Δεδομένου ότι η καλλιέργεια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στη χαμηλή θερμοκρασία, στις κρύες περιοχές, μπορεί να συγκομιστεί πριν από ή στην αρχή του χειμώνα (Columbus, M., 1997).

Κατά τη διάρκεια του ανθίσματος, η στεβιοσίδη απομακρύνεται από τα φύλλα (Bian, Y.M., 1981; Hoyle, F.C., 1992), κατά συνέπεια τα φύλλα πρέπει να συγκομιστούν κατά την διάρκεια εμφάνισης του άνθους (Dwivedi, R.S., 1999) ή πριν ανθίσει (Barathi, N., 2003).

### **2.7 Διαχείριση – Απαιτήσεις σε θρεπτικά**

Οι θρεπτικές απαιτήσεις αυτής της καλλιέργειας είναι χαμηλής (Goenadi, D.H., 1987) συγκράτησης επειδή η καλλιέργεια προσαρμόζεται στα κακής ποιότητας εδάφη στο δικό του φυσικό βιότοπό στην Παραγουάη. Όταν όμως καλλιεργείται για εμπορία, για οικονομικές καλλιέργειες, είναι απαραίτητη η λίπανση με κοπριά

(Donalizio, M.G. et al., 1982; Goenadi, D.H., 1985). Δεδομένου ότι το φύλλο είναι το οικονομικό μέρος αυτής της καλλιέργειας, θεωρείται ότι η υψηλότερη εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων μπορεί να βοηθήσει στην υψηλότερη παραγωγή.

Τα ορατά συμπτώματα της θρεπτικής ανεπάρκειας στη στέβια ήταν: N, που παρουσιάζει το κιτρίνισμα των φύλλων, P, ως σκούρα πράσινα φύλλα, και η έλλειψη K προκαλεί χλωρωτικά φύλλα και μωσαϊκό στα φύλλα. Περαιτέρω, η δευτεροβάθμια θρεπτική ανεπάρκεια παρουσίασε, ακραία νέκρωση, χλώρωση και νέκρωση σε αναποδογυρισμένο σχήμα "V", και τα μικρά χλωμά πράσινα φύλλα για το Ca, το Mg, και το S, αντίστοιχα (Utumi, M.M., et al., 1999).

Στις μελέτες καλλιέργειας ιστού, διαπιστώθηκε ότι οι αλλαγές στη σύνθεση του θρεπτικού μέσου μπορούν σημαντικά να τροποποιήσουν τις φυσιολογικές διαδικασίες (Sikach, V.O., 1998) και την παραγωγή της στεβιόλης στους ιστούς της στέβιας και να ασκήσουν με έναν τέτοιο τρόπο το φυσιολογικό κανονισμό αυτής της διαδικασίας (Bondarev, N.I. et al., 1998).

### **2.7.1 Μακροστοιχεία**

Τα αποτελέσματα από την Ιαπωνία απέδειξαν ότι, κατά την διάρκεια της μέγιστης συσσώρευσης ξηρής ουσίας, η στέβια αποτελείται από 1.4% N, 0.3% P και 2.4% K (Katayama, O. et al., 1976). Είναι ένα εξακριβωμένο στοιχείο ότι η εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων είναι καλύτερη από τη μη λίπανση με κοπριά και επίσης αποδείχθηκε πειραματικά από τους Murayama, S. et al. (1980) και Goenadi, D.H. (1985), οι οποίοι έλαβαν το καλύτερο ποσοστό αύξησης και την ξηρή φυλλική απόδοση από τη μη λίπανση με κοπριά. Αυτό ενισχύθηκε περαιτέρω από το Lee, J.I. et al. (1980) οι οποίοι είχαν καταγράψει την αύξηση απόδοσης των φύλλων με μέτρια εφαρμογή των λιπασμάτων αζώτου, φωσφόρου και καλίου στην Κορέα.

Πρώτες μελέτες με τη θρέψη αζώτου από τους Kawatani, T. et al. (1977) είχαν δείξει μια αύξηση στην ανάπτυξη, στο πάχος του στελέχους, και τον αριθμό των στελεχών. Η

αντίδραση στο κάλιο λήφθηκε επίσης από τους Kawatani, T. et al. (1980). Η καλλιέργεια θα απαιτούσε περίπου 105 kg N, 23 kg P και 180 kg K για μια μέτρια απόδοση βιομάζας στα 7500 kg/εκτάριο υπό τις συνθήκες του Καναδά (Brandle, J.E. et al., 1998), προτείνοντας κατά συνέπεια τη σημασία της λίπανσης. Η ανεπάρκεια του N, του K και του Mg μείωσε τη βλαστική ανάπτυξη από την περίοδο της

ανάπτυξης των φύλλων, η οποία τελικά μείωσε το εμπορεύσιμο τμήμα του φυτού. Εντούτοις, το Mg εξασθένησε την ανάπτυξη της ρίζας επίσης σε μεγάλη έκταση. Η έλλειψη των N, P, K, και S στο στέλεχος μείωσε: την αναλογία ξηρού βάρους της ρίζας, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει με την έλλειψη Mg. Εκτός από το Ca, όλα τα άλλα μακροστοιχεία έχουν μειωμένη απορρόφηση (Utumi, M.M. et al., 1999). Αυτή η μελέτη προτείνει ότι μια ισορροπημένη χρήση των λιπασμάτων είναι αναγκαία.

Εκτός από τη βελτίωση στην ανάπτυξη, η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Αίγυπτο παρουσίασε βαθμιαία και σημαντική αύξηση στα χλωρά και ξηρά φύλλα, στέλεχος, απόδοση της βιομάζας, και ο συνολικός διαλυτός υδατάνθρακας όπως το λίπασμα του αζώτου αυξήθηκε από 10 έως 30 kg N. Η απόδοση των ξηρών φύλλων αυξήθηκε κατά 64 και 1,99% στην πιο πρόσφατη δόση σε σύγκριση με τη χαμηλότερη δόση (Allam, A.I. et al., 2001).

Εάν οι θρεπτικές απαιτήσεις της καλλιέργειας καθιερώνονταν, θα μας υποδείκνυαν την ανάγκη για λίπανση είτε μέσω οργανικών είτε ανόργανων λιπασμάτων. Αυτό πραγματοποιήθηκε από τον Son, R.O.F. et al. (1997) στη Βραζιλία. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι λίγο πριν ή στο άνθισμα της παραγωγής Ι τόνου ξηρών φύλλων, απαιτούνται σε kg: N- 64,6, P- 7,6, K- 56,1, Ca- 15,8, Mg- 3,6, και S- 3,6. Σύμφωνα με αυτά τα ευρήματα, σε μια «ratoon» καλλιέργεια στη Bangalore, η ανάπτυξη και η απόδοση αυξήθηκε σημαντικά με τα αυξανόμενα ποσοστά του N, του P και του K μέχρι 40:20:30 kg/εκτάριο με την υψηλότερη απόδοση ξηρών φύλλων. Στην Ινδία, απαντήσεις λήφθηκαν την περίοδο όπου οι θρεπτικές ουσίες αναρροφήθηκαν (Chalapathi, M.V. et al., 1997a) από τη λίπανση, την ανάπτυξη και την απόδοση μέχρι 60:30:45 kg NPK εκτάριο-1 (Chalapathi, M.V. et al., 1997b) στη Bangalore. Περαιτέρω, η θρεπτική απαίτηση για την παραγωγή σπόρου είναι ακόμα υψηλότερη από την παραγωγή φύλλων, που αναφέρθηκε στο kg να είναι, N- 130, P- 18,8, K- 131,5, Ca- 43,7, Mg- 8,3, και S- 9,7 (Son, R.O.F. et al., 1997) για Ι τόνο.

### 2.7.2 Μικροστοιχεία

Φαίνεται να υπάρχει μικρή απαίτηση σε ιχνοστοιχεία. Δεδομένου ότι αυτή η καλλιέργεια προτιμά τα όξινα εδάφη με χαμηλό pH, αυτή η κατάσταση από μόνη της εξασφάλισε επαρκή διαθεσιμότητα των μικροστοιχείων. Εντούτοις, παρατηρήθηκε αντίδραση ακόμη και στα όξινα εδάφη. Το μειωμένο μέγεθος της αντίδρασης της



στέβιας σε ιχνοστοιχεία όταν ψεκάστηκε σε ένα όξινο έδαφος την περίοδο του χλωρού βάρους των φυτών ήταν η ακόλουθη: 0.1% Mn > 0.05% Mo > 0.02% Mo > 0.05% Zn > 0.1% B > 0.05% Mn > 0.02% Cu > 0.25% B > 0.2% Zn (Zhao, Y.G., 1985). Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα θρεπτικά διαλύματα έδειξαν ότι το βόριο που δόθηκε σε 10 ppm μείωσε την ανάπτυξη, το άνθισμα, το βάρος ρίζας, και προκάλεσε επίσης κηλίδες στα φύλλα (Sheu, B.W. et al., 1987). O Filho, L.O.F. et al. (1997) μελέτησαν τις απαιτήσεις των μικροστοιχείων της στέβιας στη Βραζιλία. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι λίγο πριν ή στο άνθισμα της παραγωγής 1 τόνου των ξηρών φύλλων, που απαιτείται σε g: B-89, Cu-26, Fe-638, Mn-207 και Zn-13. Για την παραγωγή σπόρου που αντιστοιχεί σε 1 τόνο των ξηρών φύλλων, η εξαγωγή των μικροστοιχείων σε g: ήταν B-226, Cu-76, Fe-2550, Mn-457 και Zn-33.

Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα θρεπτικά διαλύματα περιείχαν τέσσερις συγκεντρώσεις των θρεπτικών ουσιών φανερώνοντας ακολούθως αλληλεπιδράσεις πριν την άνθιση. Mn, Fe και Cu παρουσίασαν συνεργιστική επίδραση μεταξύ N και P, P και Cu, και P και Fe; ανταγωνιστική επίδραση μεταξύ N και K, N και Zn, K και Mg, και K και S και είτε συνεργιστική είτε ανταγωνιστική αλληλεπίδραση μεταξύ Zn και B, και Mn και Mg (Lima, F.O.F. et al., 1997).

## 2.8 Προσβολές από μύκητες –έντομα-ζιζάνια

Οι μύκητες φαίνεται να μην αποτελούν σημαντικό πρόβλημα, παρόλο που υπάρχουν αναφορές για προσβολές από *Sclerotinia*, *Septoria* καθώς και *Alternaria*. Βέβαια στην Ρωσία, σε χρονικό διάστημα 50 ετών, παρατηρήθηκαν προσβολές από *Alternaria*, *Botrytis*, *Fusarium* και *Rhizoctonia*. Σε αυτήν την τροχιά, στην Παραγουάη, ως εν δυνάμει παθογόνοι μύκητες αναγνωρίστηκαν οι ακόλουθοι *Alternaria steviae*, *Septoria steviae*, *Rhizoctonia solani* και *Sclerotinia rolfsii* (Ishiba, C. et al., 1982; Lovering, N.M. et al., 1996 ; Oddone, B., 1999; Zubenko, V.F. et al., 1990).

Κατά ανάλογο τρόπο, τα έντομα φαίνεται να μην αποτελούν σημαντικό πρόβλημα στην καλλιέργεια της στέβιας. Ειδικότερα η στέβια έδειξε ανθεκτικότητα στις αφίδες, προφανώς λόγω της έντονης γλυκιάς γεύσης της. Επίσης έχει αναφερθεί προσβολή από σαλιγκάρια, μετά από την χειμερία νάρκη, σε νεαρές καλλιέργειες (Metivier, J. et al., 1979; Shock, C.C., 1982).

Τέλος, αναφορικά με τα ζιζάνια, παρατηρούμε ότι τα νεαρά φυτάρια

ανταποκρίνονται θετικά έναντι του ανταγωνισμού των ζιζανίων. Στην συνέχεια, η χημική ζιζανιοκτονία, εκτός από την μηχανική αντιμετώπιση προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά, αποτελεί απαραίτητη λύση στις μεγάλες εκμηχανισμένες καλλιέργειες. Σ'αυτές τις περιπτώσεις η χρήση του τριφλουραλίν, στο οποίο παρουσιάζει ανθεκτικότητα η στέβια, η πυκνή φύτευση (άνω των 200.000 φυτών ανά εκτάριο) και η χρήση μαύρου πλαστικού υλικού εδαφοκάλυψης συνιστούν μία ικανοποιητική λύση στην αντιμετώπιση των ζιζανίων (Basuki, S., 1990; Brandle, J.E., 1998).

## **2.9 Προσέλκυση μελισσών και πεταλούδων**

Έχει παρατηρηθεί ότι κατά τη διάρκεια της άνθισης τα φυτά της στέβιας «σκεπάζονται» με μέλισσες γεγονός που δείχνει ότι η στέβια είναι ένα μελισσοκομικό φυτό και θα ήταν ενδιαφέρον να δοκιμασθεί η παραγωγή μελιού. Επιπλέον υπήρχε μεγάλη προσέλευση από πεταλούδες (Λόλας, Π.Χ., 2009).



### 3. Η ΣΤΕΒΙΑ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

#### 3.1 Γενικά

Στέβια είναι ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για τα συστατικά τροφίμων που παράγονται από την *Stevia rebaudiana* (Bertoni). Τα γλυκοζίδια της στεβιόλης είναι ένας ακριβέστερος όρος για μια ομάδα έντονα γλυκών χημικών ενώσεων που προέρχονται από την στέβια. Η Στεβιοσίδη και η Ρεμπαουδιοσίδη Α είναι τα κυρίαρχα γλυκοζίδια της στεβιόλης που υπάρχουν στην στέβια. Το εμπορικό ενδιαφέρον για τις γλυκαντικές αυτές ουσίες ήταν για πολύ καιρό υψηλό. Τα τεχνικά προβλήματα στη μείωση της πικρής ή παρόμοιας με γλυκόριζα παραμένουσας γεύσης σε συνδυασμό με ρυθμιστικά εμπόδια που προκλήθηκαν από ανεπαρκείς προδιαγραφές και εκκρεμή ζητήματα ασφάλειας εμπόδισαν παλαιότερα την ευρύτερη εμπορευματοποίηση των γλυκοζιδίων της στεβιόλης. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την διαχείριση της κατάλληλης θερμιδικής πρόσληψης καθώς και η ζήτηση των καταναλωτών για περισσότερες επιλογές υποκαταστάτων ζάχαρης οδήγησαν στην υπερνίκηση των τεχνικών και ρυθμιστικών εμποδίων της εμπορευματοποίησης των γλυκοζιδίων της στεβιόλης και της χρήσης τους ως συστατικό των τροφίμων (Carakostas, M.C. et al., 2008; Nabors, L.OB., 2001; Chatsudthipong, V. Etal., 2009).

#### 3.2 Χημική σύσταση και Θρεπτικά στοιχεία

Η στέβια περιέχει πάνω από 100 διαφορετικές ουσίες, οργανικές και ανόργανες. Από τις οργανικές ουσίες οι σπουδαιότερες είναι τα γλυκοζίδια, πρωτεΐνες (6,2%), υδατάνθρακες (52,8%), χλωροφύλλες, φυτικές ίνες, καροτένια, φλαβονοειδή (ρουτίνη), πραγματική βιταμίνη Α, βιταμίνη Β, γιββερυλλίνη, λιπίδια (5,6%) και αιθέρια έλαια. Στα λιπίδια και στα αιθέρια έλαια έχουν βρεθεί έως τώρα 53 διαφορετικές ενώσεις. Τα γλυκοζίδια βρίσκονται στα φύλλα, τα στελέχη και τα άνθη, όχι όμως στις ρίζες. Οι ανόργανες ουσίες, αποτελούν περίπου το 13% των συνολικών ουσιών, συγκεκριμένα το Κ υπάρχει στη υψηλότερη συγκέντρωση, γύρω στο 2,6%. Άλλες ανόργανες ουσίες στη στέβια είναι το Ν (1,4%), Ρ (0,3%), Κ (2,4%) και Ca (0,21%), Ρ (0,10%), Mg (0,29%), F (0,0012%), Fe (0,085%), Na, Zn (0,0026%) κ.ά. (Λόλας, Π.Χ., 2009).

Τα φύλλα της στέβιας επίσης περιέχουν φλαβονοειδή, αλκαλοειδή, υδατοδιαλυτές χλωροφύλλες και ξανθοφύλλες, υδροξυकुन्नाμικά οξέα, ουδέτερους υδατοδιαλυτούς ολιγοσακχαρίτες, ελεύθερα σάκχαρα, αμινοξέα, λιπίδια, βασικά έλαια και ιχνοστοιχεία (Komissarenko, N.F. et al., 1994; Chatsudthipong, V. et al., 2009).

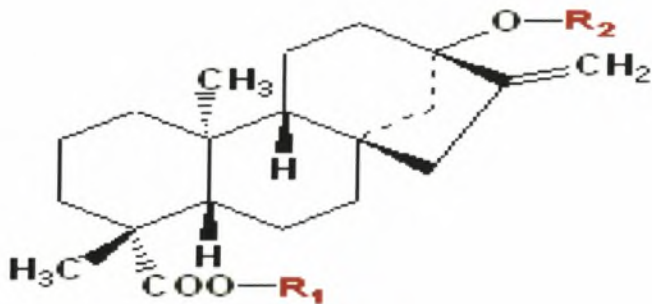
Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τα θρεπτικά στοιχεία ανά 100g ξηρού βάρους προϊόντος.

**Πίνακας 3: Θρεπτικά στοιχεία ανά 100g ξηρού βάρους προϊόντος (Savita, S .et al., 2004)**

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Υγρασία (g)           | 7       |
| Ενέργεια (Kcal)       | 270     |
| Πρωτεΐνη (g)          | 10      |
| Λίπη(g)               | 3       |
| Υδατάνθρακες (g)      | 52      |
| Τέφρα (g)             | 11      |
| Ακατέργαστες ίνες (g) | 18      |
| Ασβέστιο(mg)          | 464,4   |
| Φώσφορος (mg)         | 11,4    |
| Σίδηρος (mg)          | 55,3    |
| Νάτριο (mg)           | 190     |
| Κάλιο(mg)             | 1800    |
| Οξαλικό οξύ (mg)      | 22945,0 |
| Ταννίνες (mg)         | 0,010   |

3.3 Δομή

Η στεβιόλη είναι ένα τετρακυκλικό διτερπένιο και αποτελεί το άγλυκο τμήμα των γλυκοζιδίων που βρίσκονται στα φύλλα στέβιας (Εικόνα 8). Τα γλυκοζίδια της στεβιόλης προκύπτουν με αντικατάσταση του υδρογόνου του καρβοξυλίου (κάτω μέρος του μορίου της στεβιόλης, θέση R1) με γλυκόζη σχηματίζοντας ένα εστέρα και του υδρογόνου του υδροξυλίου (επάνω μέρος του μορίου, θέση R2) με συνδιασμούς μορίων κυρίως γλυκόζης ή ραμνόζης ή ξυλόζης (<http7>).



**Εικόνα 8: Η χημική δομή της στεβιόλης (<http8>)**

Ο πίνακας 4 παρουσιάζει τη χημική σύσταση των διαφόρων γλυκοζιδίων στα φύλλα στέβιας.

| Γλυκαντική ουσία               | Θέση 13 (R2) - Ουσία | Θέση 19 (R1) - Ουσία |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| Στεβιόλη                       | H                    | H                    |
| Στεβιοσίδη                     | 2 γλυκόζες           | 1 γλυκόζη            |
| Ρεμπαουδιοσίδη Α               | 3 γλυκόζες           | 1 γλυκόζη            |
| Ρεμπαουδιοσίδη Β               | 3 γλυκόζες           | H                    |
| Ρεμπαουδιοσίδη C(Δουηκοσίδη Β) | 1 γλυκόζη            | 1 γλυκόζη            |
| Ρεμπαουδιοσίδη D               | 3 γλυκόζες           | 2 γλυκόζες           |
| Ρεμπαουδιοσίδη Ε               | 2 γλυκόζες           | 2 γλυκόζες           |
| Ρεμπαουδιοσίδη F               | 2 γλυκόζες-1 ξυλόζη  | 1 γλυκόζη            |
| Δουηκοσίδη Α                   | 1 γλυκόζη-1 ρομόζη   | 1 γλυκόζη            |
| Στεβιοημιοσίδη                 | 2 γλυκόζες           | H                    |

Πίνακας 1 Η χημική σύσταση των διαφόρων γλυκοζιδίων στα φύλλα στέβιας (Λόλας, 2009)

Τα περισσότερα προϊόντα γλυκοζίδια της στεβιόλης που πωλούνται σήμερα αποτελούνται κυρίως από Στεβιοσίδη ή Ρεμπαουδιοσίδη Α. Τα προϊόντα που περιέχουν ένα υψηλό επίπεδο Ρεμπαουδιοσίδη Α είναι επίσης γνωστά και ως rebiana. Η rebiana είναι ένα «κοινό και σύνηθες» όνομα για τα συστατικά του γλυκοζιδίου της στεβιόλης που αποτελούνται κυρίως από Ρεμπαουδιοσίδη Α. (Carakostas, M.C. et al., 2008;Chatsudthipong, V. et al., 2009). Η Ρεμπαουδιοσίδη Α είναι μια φυσική γλυκαντική ουσία χωρίς θερμίδες, 200-300 φορές πιο δραστική από την κρυσταλλική ζάχαρη. Έχει μια καθαρή γλυκιά γεύση με χωρίς σημαντικά ανεπιθύμητα γευστικά χαρακτηριστικά (Prakash, I. et al., 2008; Nabors, L.OB., 2001; Chatsudthipong, V. et al., 2009). Η Ρεμπαουδιοσίδη Α και η Στεβιοσίδη διαφέρουν στην γλυκαντική ισχύ και στην γεύση. Η Ρεμπαουδιοσίδη Α είναι η γλυκύτερη από όλα τα συστατικά της στέβιας (π.χ. 30% γλυκύτερη από την Στεβιοσίδη). Συγκριτικά με την Στεβιοσίδη, αυτή η χημική ένωση έχει μεγαλύτερη υδατοδιαλυτότητα, έχει καλύτερες ιδιότητες και υπάρχει σε υψηλότερη συγκέντρωση στα ξηρά φύλλα (Sardesai, V.M. et al., 1991; Nabors, L.OB., 2001;Chatsudthipong, V. et al., 2009). Το φυτό είναι η πηγή ενός αριθμού γλυκών διτερπενοειδών γλυκοζιτών αλλά τα κύρια γλυκά συστατικά του είναι η Ρεμπαουδιοσίδη Α και Στεβιοσίδη. Η πρώτη είναι πιο δραστική και με πιο ευχάριστη γεύση από τη δεύτερη (Jenner, M.R.,1989).

### 3.4 Απομόνωση της γλυκαντικής ουσίας από το φυτό της στέβιας

Οι διαδικασίες απομόνωσης της στεβιοσίδης από τα φύλλα της στέβιας σε πιλοτική κλίμακα γίνεται κυρίως με την υγρή εκχύλιση με διαλύτες όπως το χλωροφόρμιο-μεθάνιο, η γλυκερόλη, η γλυκόλη προπυλενίου που ακολουθείται από εξευγενισμό με εκχύλιση σε ένα πολικό οργανικό διαλύτη, αποχρωματισμό, πήξη, χρωματογραφία ανταλλαγής ιόντων και κρυσταλλοποίηση (Kinghorn, A.D. et al., 1985; Pasquel, A. et al., 2000). Ο Pasquel, A. et al. (2000) χρησιμοποίησε μια διαδικασία, η οποία εκτελείται σε 2 φάσεις: α) προεργασία των φύλλων της στέβιας από SCFE (Supercritical fluid extraction) με CO<sub>2</sub>, και β) εκχύλιση γλυκοζιδίων στέβιας με SCFE χρησιμοποιώντας μίγμα CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> και αιθανόλη, και CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και αιθανόλη. Η προεργασία έγινε σε συνθήκες 200bar και 30oC. Τα γλυκοζίδια πάρθηκαν στα 120 και 200bar στους 16, 30 και 45oC. Η σύσταση του εκχυλίσματος του γλυκοζιδίου από SCFE συγκρίθηκε με την σύσταση του εκχυλίσματος στέβιας, το οποίο ελήφθη με τον παραδοσιακό τρόπο εκχύλισης υπό χαμηλή πίεση. Όσον αφορά στην πρώτη φάση ο όγκος του στερεού που χρησιμοποιήθηκε ήταν μεταξύ 69.10-3 –82.10-3 kg. Το στερεό τοποθετήθηκε μέσα σε ένα δοχείο εκχύλισης (SS 316, με μήκος 0,375m και διάμετρο 0,0283m) το οποίο ήταν κατάλληλο για την SCFE μονάδα, και το σύστημα θέρμανσης και/ή ψύξης ενεργοποιήθηκε. Όταν το σύστημα έφτασε σε θερμοκρασία 30 oC και 200 bar οι βαλβίδες 2j και 2m και η μικρομετρική βαλβίδα 15 άνοιξαν. Τα εκχυλίσματα μαζεύτηκαν σε γυάλινες φιάλες 20 ml. Μια στήλη απορρόφησης που περιείχε Porapak Q (80/100 mesh, Waters Associates Inc., USA) προσαρμόστηκε έτσι ώστε να διατηρηθούν οι ασταθείς ουσίες κατά τη διάρκεια αυτής της προετοιμασίας. Το ποσοστό ροής μετρείτο επανειλημμένα και δείγματα εκχύλισης συλλέγονταν κάθε μία ώρα. Η προεργασία έγινε στα 200 bar, 30oC και σε μέσο όρο ροής 4.82.10-5kg/s για 12 ώρες. Το δοχείο εκχύλισης αποθηκεύτηκε σε οικιακό ψυγείο. Ακολούθως, στη δεύτερη φάση για το εκχύλισμα των γλυκοζιδίων το δοχείο εκχύλισης προσαρμόστηκε ξανά για τη μονάδα του SCFE. Η διαδικασία ήταν παρόμοια με το προηγούμενο πείραμα. Δείγματα του εκχυλίσματος λαμβάνονταν κάθε 30 λεπτά και η συνολική ώρα εξαγωγής ήταν 12 ώρες. Τα πειράματα έγιναν στα 120 και 200 bar στους 16, 30 και 45oC. Τα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούνταν από 9,5% νερό, αιθανόλη ή ένα ισότιμο μίγμα νερού και αιθανόλης.

Χρησιμοποιήθηκαν φύλλα στέβιας με SCFE προεργασία και φύλλα στέβιας χωρίς προεργασία. Η μέθοδος περιγράφηκε από τους Alvarez, M. et al. (1984) και Goto, A. (1997) και χρησιμοποιήθηκε 1l ζεστού νερού που προστέθηκε σε 50g φύλλων στέβιας. Το μίγμα παρέμεινε σε θερμοκρασία δωματίου (25 με 30 °C) για μία ώρα. Το υδατικό εκχύλισμα φιλτραρίστηκε. Σε μια διαχωριστική χοάνη το εκχύλισμα αναμείχθηκε με ισοβουτίλο αλκοόλη (Merck P.A., 99,99%) διατηρώντας ποσοστό 40:60 (v/v). Το μίγμα αφέθηκε μέχρι να γίνει ο διαχωρισμός. Το βουτανολικό εκχύλισμα τοποθετήθηκε σε φυγόκεντρο δύναμη στα 350rpm (Solvall, RT 600D) για 15 λεπτά. Το εκχύλισμα θερμάνθηκε στους 80 °C και φιλτραρίστηκε από ένα στρώμα ενεργού άνθρακα (1g ενεργού άνθρακα σε 100 ml εκχυλίσματος). Το εκχύλισμα τοποθετήθηκε σε ένα περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (Tecnal, TE 120) και αφέθηκε για 24 ώρες για να επιτευχθεί η κρυσταλλοποίηση των γλυκοζιδίων. Οι κρύσταλλοι πλένονται με μεθανόλη (Merck P.A. 99,9%) και ξηραίνονται σε ένα φούρνο με κυκλοφορία αέρα. Το κρυσταλλοποιημένο υγρό συλλέγεται και εκχυλίζεται με ακετόνη (Merck P.A. 99,9%). Οι κρύσταλλοι πλένονται με άνυδρη ακετόνη και ξηραίνονται σε φούρνο με κυκλοφορία αέρα.

Πρόσφατα οι Pol, J. et al. (2007) ανέπτυξαν μια μέθοδο εκχύλισης με καυτό νερό υπό πίεση. Αναφέρθηκαν σε δύο μεθόδους εκχύλισης, το ένα με νερό και το άλλο με μεθανόλη. Η εκχύλιση με μεθανόλη έγινε σε θερμοκρασίες μεταξύ 70 και 160°C και η εκχύλιση ήταν στατική για 10 λεπτά. Η πίεση ήταν στους 50bar. Οι προτεινόμενες συνθήκες εκχύλισης για PFE (Pressurised Fluid Extraction) με μεθανόλη στους 110°C, 50bar και 10 λεπτά χρόνος στατικής εκχύλισης. Η εκχύλιση με νερό έγινε με τον ίδιο τρόπο όπως και η μεθανόλη, δηλαδή η θερμοκρασία ήταν μεταξύ 70 και 160°C στα 50bar και η εκχύλιση ήταν στατική για περίοδο 10 λεπτά. Η απόδοση εκχύλισης της στεβιοσίδης αυξανόταν συνέχεια μέχρι τους 110°C και μετά παρατηρήθηκε μια γραμμική ελάττωση. Κατά συνέπεια, η εκχύλιση στεβιοσίδης δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 110°C και τα 10 λεπτά που η εκχύλιση παραμένει στάσιμη είναι κατάλληλα για εκχύλιση της στεβιοσίδης.

Συμπερασματικά, οι καλύτερες συνθήκες για PHWE (Pressurised Hot Water Extraction) της στεβιοσίδης από τα φύλλα στέβιας ήταν 110°C, 50bar και 10 λεπτά χρόνος στατικής εκχύλισης, όπως και η μεθανόλη.

Στις πιο σύγχρονες διαδικασίες, η εκχύλιση με καυτό νερό των φύλλων της στέβιας δίνει ένα «αρχικό εκχύλισμα» από το οποίο αφαιρούνται τα άλλα συστατικά του φυτού με θρόμβωση. Το καθαρισμένο διάλυμα διέρχεται μέσα από ρητίνες



προσρόφησης για να συγκεντρωθούν τα γλυκοζίδια της στεβιόλης, τα οποία εκπλένονται με αλκοόλη. Το αποξηραμένο έκπλυμα που αποτελείται από αναμειγμένα γλυκοζίδια της στεβιόλης μπορεί να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί σε αυτή τη μορφή πριν από τον τελικό καθαρισμό. Σε αυτό το τελευταίο βήμα, το αποξηραμένο έκπλυμα ξαναδιαλύεται σε καθαρή αλκοόλη ή σε διάλυμα ύδατος/αλκοόλης χαμηλότερου βαθμού και να κρυσταλλοποιείται. Παραδοσιακά έχει χρησιμοποιηθεί μεθανόλη, αλλά η αιθανόλη έχει το πλεονέκτημα της επιλεκτικής αύξησης της περιεκτικότητας σε Ρεμπαουδιοσίδη Α. Τελικά το κρυσταλλοποιημένο προϊόν φιλτράρεται και αποξηραίνεται (Jackson, M.C. et al., 2006; Magomet, M.H. et al., 2007; Prakash, I. et al., 2007a).

### 3.5 Ιδιότητες

Σε καθαρή μορφή η Στεβιοσίδη είναι ένα λευκό κρυσταλλικό υλικό με σημείο τήξης 196-198 0C, οπτική περιστροφή -39.3 μοίρες στο νερό, στοιχειακή σύσταση C<sub>38</sub>H<sub>60</sub>O<sub>18</sub> και μοριακό βάρος 808.88. Η Στεβιοσίδη είναι λίγο διαλυτή σε νερό αλλά είναι πολύ διαλυτή σε αιθανόλη. Η Ρεμπαουδιοσίδη Α είναι σημαντικά πιο διαλυτή στο νερό από την Στεβιοσίδη επειδή περιέχει μια επιπλέον μονάδα γλυκόζης στο μόριο της. Η Στεβιοσίδη είναι σταθερό μόριο στους 100 0C όταν διατηρείται σε διάλυμα με pH 3-9 αν και αποσυντίθεται αρκετά εύκολα σε αλκαλικά επίπεδα pH μεγαλύτερα από 10 (Nabors, L.O.B., 2001). Το μόριο της είναι σταθερό σε ξηρές συνθήκες και έχει μεγαλύτερη σταθερότητα από την ασπαρτάμη ή την νεοτάμη σε υδαρή συστήματα τροφίμων (Prakash, I. et al., 2008).

Βρέθηκε ότι εκτός από τη γλυκύτητα η στεβιόλη και η ισοστεβιόλη (μεταβολικές συνιστώσες της στεβιοσίδης) μπορούν να έχουν και θεραπευτικές ιδιότητες, καθώς έχουν αντιυπεργλυκαιμική, αντιυπερτασική, αντιυποτασική, αντιμικροβιακή, αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινική, αντιδιαρροϊκή, διουρητική και ανοσορρυθμιστική δράση. Καθώς επίσης και άλλες δράσεις όπως αντιβακτηριακή, αντιμυκητιακή, αντιμικροβιακή, αντιιική, καρδιοτονική, αγγειοδιασταλτική, τονωτική και βοηθάει στην επουλωτική πληγών. Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι οι επιδράσεις στα επίπεδα γλυκόζης πλάσματος και στην αρτηριακή πίεση παρατηρούνται μόνο όταν αυτοί οι παράμετροι είναι υψηλότερες από το κανονικό (Chatsudhipong, V. et al., 2009; Tadhani, M.B. et al., 2007). Οι μοναδικές ιδιότητές της παρέχουν στους τεχνολόγους τροφίμων ένα ακόμα εργαλείο για να παράγουν καινοτόμα τρόφιμα και ποτά για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση των καταναλωτών για

πολύ καλή γεύση χωρίς τις θερμίδες της κρυσταλλικής ζάχαρης (Prakash, I. et al., 2008).

Η στέβια είναι μια λευκή, κρυσταλλική, άοσμη σκόνη (Kroyer, G.Th., 1999). Οι καθαρές άνυδρες, άμορφες, με σύμπλοκα ιόντα μορφές της Ρεμπαουδιοσίδης Α, κρυσταλλοποιημένες από μεθανόλη ή αιθανόλη μπορούν άμεσα να παρέχουν υπέρκορο διάλυμα σε νερό (>20g/100g σε 25 0C σε 5 min), αλλά εμφανίζουν ελάχιστη διάλυση σε αιθανόλη. Η θερμοδυναμική διαλυτότητα ισορροπίας στο νερό είναι 0.8% w/w σε 25 0C. Η rebiana κρυσταλλοποιείται ως υδρίτης όταν οι άμορφες, άνυδρες και με σύμπλοκα ιόντων μορφές αλκοόλης διαλύονται για να δώσουν υπέρκορα υδαρή διαλύματα. Αν ο υδρίτης απομονωθεί με φιλτράρισμα και αποξήρανση. Εμφανίζει ένα χαμηλό βαθμό διάλυσης σε νερό (<0.2g/100g σε 25 0C σε 5 min) (Prakash, I. et al., 2007a). □

Ως ξηρή σκόνη η rebiana είναι σταθερή για τουλάχιστον δυο χρόνια σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και υπό ελεγχόμενες συνθήκες υγρασίας. Σε διάλυμα είναι πιο σταθερή σε τιμές pH 4-8 και εμφανώς λιγότερο σταθερή κάτω από pH 2. Όπως είναι αναμενόμενο, η σταθερότητα μειώνεται όταν η θερμοκρασία αυξάνεται (Prakash, I. et al., 2007b).

Στα υδατικά διαλύματα (pH 2-8), οι κύριοι δρόμοι αντίδρασης που οδηγούν στην απώλεια της Ρεμπαουδιοσίδης Α είναι οι ακόλουθοι:

- (1) ισομερίωση της C-16 ολεφίνης για να σχηματίσει το ισομερές C-15
- (2) ενυδάτωση της ολεφίνης C-16 για απόδοση
- (3) υδρόλυση του εστέρα γλυκοσιδίου C-18 στον σχηματισμό

Κατά τον ανθρώπινο μεταβολισμό, η Ρεμπαουδιοσίδα Α μετατρέπεται αρχικά σε άγλυκο στεβιόλη και σε γλυκορουνικό οξύ στεβιόλης γενικά γνωστό ως γλυκορουνίδιο στεβιόλης (Wheeler, A. et al., 2008).

Η rebiana είναι σταθερότερη από την ασπαρτάμη και την νεοτάμη σε εφαρμογές με χαμηλό και υψηλό pH. Στα επεξεργασμένα θερμικά ροφήματα, όπως το αρωματισμένο παγωμένο τσάι, οι χυμοί, τα ποτά των αθλητών, το αρωματισμένο γάλα, η γλυκαντική ουσία εμφανίζει καλή σταθερότητα κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας υψηλής θερμοκρασίας – μικρής χρονικής διάρκειας και στην περαιτέρω αποθήκευση του προϊόντος (Prakash, I. et al., 2007b).

### 3.6 Οργανοληπτικές ιδιότητες της rebiana

Η Ρεμπαουδιοσίδη Α συχνά αναφέρεται ως 200 με 300 φορές πιο γλυκιά από την κρυσταλλική ζάχαρη. Η Ρεμπαουδιοσίδη Α και η ασπαρτάμη διαφέρουν ελάχιστα και οι δυο γλυκαντικές ουσίες είναι παρόμοιες σε γλυκύτητα στο πεδίο των επιπέδων ισοδυναμίας της κρυσταλλικής ζάχαρης (Prakash, I. et al., 2008).

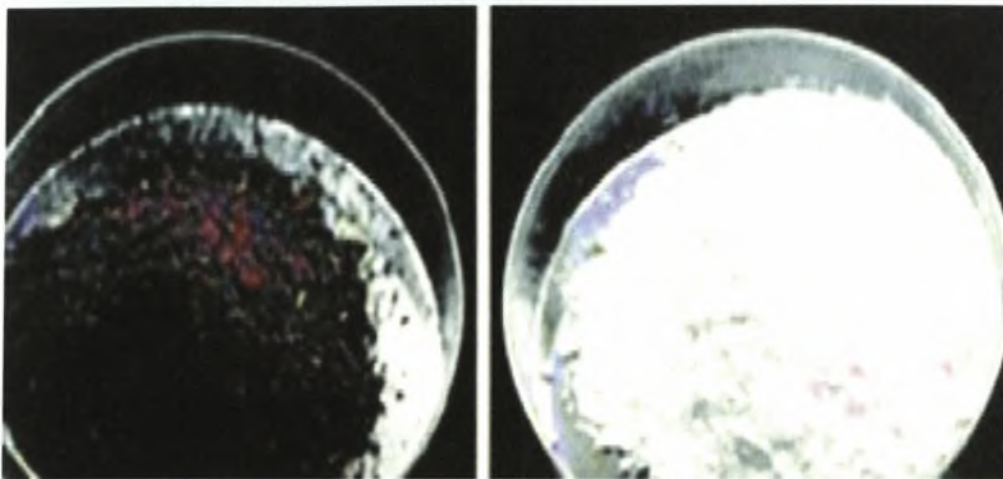
Όπως και με μερικές άλλες γλυκαντικές ουσίες που δεν είναι υδατάνθρακες, η rebiana εμφανίζει καθαρή γλυκύτητα σε χαμηλά επίπεδα ισοδυναμίας με την κρυσταλλική ζάχαρη, αλλά παρουσιάζει άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα γεύσης (π.χ. πικρότητα) σε υψηλότερα επίπεδα ισοδυναμίας με την κρυσταλλική ζάχαρη. Μια εκπαιδευμένη ομάδα γευστιγνοστών αξιολόγησε την rebiana σε νερό (Young, N.D. et al., 2007) και η πικρή γεύση ή η γεύση μαύρης γλυκόριζας ήταν αμελητέα σε χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης ενώ σε υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης ήταν αξιοσημείωτη. Παρόλα αυτά δεν ανιχνεύτηκε ξινή, αλμυρή, πικάντικη, μεταλλική ή άλλη γεύση. Οι υψηλές συγκεντρώσεις rebiana παρουσιάζουν μια αλλοιωμένη γεύση (πικρή γεύση ή γεύση μαύρης γλυκόριζας) και γι' αυτό το λόγο, η rebiana δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως η μόνη γλυκαντική ουσία σε π.χ. αναψυκτικά με μηδέν θερμίδες. Αυτός ο περιορισμός αντιμετωπίζεται με την ανάμειξη της με άλλες γλυκαντικές ουσίες. Υπάρχει μεγάλο εύρος γλυκαντικών ουσιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως η μονατίνη, η ασπαρτάμη, τα άλατα ακελσουλφάμης, τα άλατα σακχαρίνης κλπ. (Prakash, I. et al., 2008).

### 3.7 Χρήσεις στα τρόφιμα

Η στέβια, αποτελεί πηγή πολύ χρήσιμων φυσικών ουσιών, όπως Στεβιοσίδη, ισοστεβιόλη, φυτοστερόλες, γιββεριλλίνη (φυτοορμόνη), χλωροφύλλη (φυσική χρωστική), κ.ά. Σπουδαιότερη από αυτές και για την οποία κυρίως καλλιεργείται σήμερα η στέβια είναι η Στεβιοσίδη ως φυσική γλυκαντική ουσία. Η οποία είναι το ίδιο γλυκιά με τις συνθετικές γλυκαντικές ουσίες χωρίς να παρουσιάζουν προβλήματα για την υγεία. Η εικόνα 9 απεικονίζει σκόνη φύλλων και λευκό κρυσταλλικό εκχύλισμα της στέβιας. Οι μεγαλύτεροι χρήστες της στεβιοσίδης είναι η βιομηχανία τροφίμων – ποτών – ζαχαροπλαστική. Στις Η.Π.Α. επιτρέπεται μόνο ως διατητικό συμπλήρωμα, ενώ σε άλλες χώρες όπως Ιαπωνία, Κίνα, Ισραήλ, Καναδά, Βραζιλία, κ.ά. ως υποκατάστατο της κρυσταλλικής ζάχαρης, ως συμπλήρωμα διατροφής και δίαιτας. Στην ΕΕ στα καταστήματα υγιεινής διατροφής κανείς μπορεί να βρει



τριμμένα ή αλεσμένα ξηρά φύλλα στέβια, ενώ η διαδικασία έγκρισης χρήσης της στεβιοσίδης είναι σε εξέλιξη (Λόλας, Π.Χ., 2007).



**Εικόνα 9: Σκόνη φύλλων και λευκό κρυσταλλικό εκχύλισμα της *Stevia rebaudiana* (http9)**

Η εμπορευματοποίηση των φύλλων της στέβιας έγινε ταχύτατα και τώρα περισσότερα από 100 είδη τροφίμων και ποτών που περιέχουν γλυκαντικές ουσίες από στέβια, διατίθενται στην αγορά της Ιαπωνίας, όπως για παραγωγή γιαουρτιού, αποξηραμένα θαλασσινά, παγωτά, γρανίτες, σάλτσες, πάστα σόγιας, πολτοποιημένο ψάρι, κρέας μαγειρεμένο στον ατμό, καρυκεύματα, είδη ζαχαροπλαστικής, ψωμί και θαλασσινά (Nabors, L.OB., 2001). Τα φύλλα της στέβια χρησιμοποιήθηκαν από τους ιθαγενείς της Παραγουάης για να γλυκάνουν τα ροφήματά τους από αιώνες (Lewis, W.H., 1982; Nabors, L.OB., 2001; Chatsudthipong, V. et al., 2009) και οι Ινδιάνοι για να γλυκάνουν το τσάι και άλλες τροφές (Sardesai, V.M. et al., 1991; Nabors, L.OB., 2001; Chatsudthipong, V. et al., 2009). Το εκχύλισμα των φύλλων χρησιμοποιούνταν στη θεραπεία της υπεργλυκαιμίας (Sardesai, V.M. et al., 1991; Nabors, L.OB., 2001; Chatsudthipong, V. et al., 2009).

Ήδη κυκλοφορεί στο εμπόριο το σκεύασμα της Coca-Cola που είναι η Truvia (rebiana) από την Ρεμπαουδιοσίδη Α και το αντίστοιχο σκεύασμα της Pepsi-Cola είναι το PureVia (Λόλας, Π.Χ., 2009).

Η στέβια κατέχει σημαντική θέση στην αγορά της Λατινικής Αμερικής (πατρίδα της η Παραγουάη), της Κίνας, της Μαλαισίας, της Νοτίου Κορέας και της Ιαπωνίας (50% της αγοράς), στην οποία μάλιστα έχει απαγορευθεί από το 1970 η χρήση συνθετικών γλυκαντικών ουσιών για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας. Στις

Ηνωμένες Πολιτείες, το 1991 απαγορεύθηκε η εισαγωγή της και η χρήση της ως γλυκαντικής ουσίας, παρά το γεγονός ότι δεν υπήρχε καμία ένδειξη για την επικινδυνότητα της, ούτε στους Ινδιάνους Γκουαράνι που καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες στέβιας, ούτε και στους καταναλωτές των χωρών όπου αυτό το προϊόν κυκλοφορεί εδώ και πολλά χρόνια. Μάλιστα ο εθνικός φορέας φαρμάκων και τροφίμων των ΗΠΑ (Food and Drug Administration, 2007) δεν είχε δεχθεί καμία καταγγελία για το προϊόν που απαγόρευσε, ενώ έχει δεχτεί 7.000 για την ασπαρτάμη η οποία ωστόσο εξακολουθεί να κυκλοφορεί στο εμπόριο. Όμως το 1995 ενέδωσε στις πιέσεις καταναλωτών και παραγωγών στέβια και επέτρεψε την κυκλοφορία της υπό τον όρο να χαρακτηρίζεται ρητά <<συμπλήρωμα διατροφής>>(Λόλας, Π.Χ., 2007).

Η στέβια χρησιμοποιείται και στη φαρμακευτική. Ο πίνακας 5 παρουσιάζει τις κύριες χρήσεις φυτού της στέβιας.

**Πίνακας 5: Παγκόσμιες Φαρμακευτικές Χρήσεις (http10)**

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Βραζιλία</b>      | για τις κοιλότητες, την κατάθλιψη, το διαβήτη, την κούραση, την υποστήριξη καρδιάς, την υπέρταση, την υπεργλυκαιμία, τις μολύνσεις, την παχυσαρκία, το γλυκό πόθο, την τονωτική, ουρική ανεπάρκεια, πληγές, και ως γλυκαντική ουσία |
| <b>Παραγουάη</b>     | για διαβήτη, και ως γλυκαντική ουσία  |
| <b>Νότιο Αμερική</b> | για διαβήτη, υπέρταση, μολύνσεις, παχυσαρκία, και ως γλυκαντική ουσία   |
| <b>Η.Π.Α.</b>        | για μύκητες, το διαβήτη, την υπέρταση, την υπεργλυκαιμία, τις μολύνσεις, και ως αγγειοδιασταλτική και γλυκαντική ουσία  |

### 3.8 Ασφάλεια χρήσης

Για την χρήση της στέβιας ως γλυκαντική ύλη έχουν γίνει εξονυχιστικές τοξικολογικές και προστατευτικές δοκιμασίες σε ζώα και ανθρώπους. Οι δοκιμές περιλαμβάνουν μελέτες για οξεία, υπό-οξεία και χρόνια τοξικότητα του εκχυλίσματος της στέβιας και των μεταβολιτών της καθώς και μελέτες για πιθανές επιδράσεις στην αναπαραγωγή και στη μεταλλαξογόνο δράση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η στέβια είναι ασφαλής για κατανάλωση (Grenby, T.H., 1991).

Το 2007, η JECFA έθεσε προδιαγραφές για τα γλυκοζίδια της στεβιόλης, απαντώντας η εμπορική στέβια να περιέχει τουλάχιστον κατά 95% επτά αναγνωρισμένα γλυκοζίδια της στεβιόλης (Carakostas, M.C. et al., 2008).

### 3.9 Μορφές στέβιας στο εμπόριο

Η στέβια εμφανίζεται σε πολλές μορφές στο εμπόριο ανάλογα με το βαθμό γλυκύτητας της. Συγκεκριμένα η στέβια με μορφή άσπρων κόκκων είναι πιο γλυκιά.

#### 1) *Φρέσκα φύλλα στέβιας*

Αυτή η μορφή της στέβιας είναι η φυσικότερη μορφή στο εμπόριο (Εικόνα 10). Ένα φύλλο από το φυτό θα μεταδώσει μια εξαιρετικά γλυκιά αίσθηση που διαρκεί για αρκετό διάστημα (Παπαευαγγέλου, Φ., 2007; Σαρακατσάνου, Α., 2008).



Εικόνα 10: Φρέσκα φύλλα στέβιας (<http://>)

#### 2) *Ξηρά φύλλα στέβιας*

Τα ξηρά φύλλα στέβιας είναι μια άλλη μορφή της γλυκαντικής αυτής ύλης στο εμπόριο (Εικόνα 11). Για περισσότερο γλυκιά γεύση και πιο έντονη, η ξήρανση και σύνθλιψη των φύλλων είναι απαραίτητη. Το ξηρό φύλλο είναι αρκετά πιο γλυκό από ένα φρέσκο και υπό τη μορφή αυτή χρησιμοποιείται στην παρασκευή βοτανικών ροφημάτων. Τα ξηρά φύλλα στέβιας μπορεί να είναι συσκευασμένα σε μεγάλες ποσότητες, σε τσάντες σταγιού. Μπορεί να είναι και κονιορτοποιημένα. Έχουν πρασινωπό χρώμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικιλία τροφίμων και ποτών, όπως π.χ. του καφέ, των δημητριακών, του τσαγιού, κ.λ.π. (Παπαευαγγέλου, Φ., 2007; Σαρακατσάνου, Α., 2008).



**Εικόνα 11: Ξηρά φύλλα στέβιας (http12)**

### **3) Εκχύλισμα φύλλων στέβιας (ως κρυσταλλική ζάχαρη)**

Η μορφή με την οποία εμφανίστηκε στο εμπόριο στην Ιαπωνία, η στέβια είναι αυτή του άσπρου κονιορτοποιημένου αποστάγματος (Εικόνα 12). Υπό τη μορφή αυτή είναι 200 έως 300 φορές πιο γλυκιά από τη κρυσταλλική ζάχαρη. Αυτή η άσπρη σκόνη, είναι εκχύλισμα από το γλυκό γλυκοζίδιο της Στεβιοσίδης, που βρίσκεται στα φύλλα του φυτού. Όλες οι σκόνες δεν είναι ίδιες. Η γεύση, η γλυκύτητα και το κόστος εξαρτώνται από τον βαθμό καθαρισμού τους και την ποιότητα των φυτών που χρησιμοποιούνται. Δεδομένου ότι η σκόνη στέβιας είναι πολύ γλυκιά, συνιστάται η χρήση της σε πολύ μικρή ποσότητα (Παπαευαγγέλου, Φ., 2007; Σαρακατσάνου, Α., 2008).



**Εικόνα 12: Εκχύλισμα φύλλων στέβιας (ως κρυσταλλική ζάχαρη) (http13)**

#### 4) Συμπυκνωμένο εκχύλισμα στέβιας

Το συμπυκνωμένο εκχύλισμα στέβιας (Εικόνα 13) υπάρχει σε πολλές μορφές: α) Διάλυμα μαύρου χρώματος που προέρχεται από βρασμό φύλλων σε νερό, το οποίο μπορεί να ενισχύσει τη γεύση πολλών τροφίμων, β) Εκχύλισμα στέβιας που προέρχεται από τη βύθιση των φύλλων σε αποσταγμένο νερό ή σε ένα μίγμα οиноπνεύματος – νερού και σιταριού (Παπαευαγγέλου, Φ., 2007; Σαρακατσάνου, Α., 2008), γ) Άλλες μορφές συμπυκνωμένων εκχυλισμάτων στέβιας που γίνονται από την ανάμιξη άσπρης συμπηκνωμένης σκόνης με νερό κ.ά.



Εικόνα 13: Συμπυκνωμένο εκχύλισμα στέβιας (<http>14)



## 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1 Τα Στοιχεία του Πειραματικού Αγρού

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο χώρο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο (γ.π. 39° 23', γ.μ. 22° 45') κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2011. Σύμφωνα με την εδαφική ανάλυση και ταξινόμηση που έγινε από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών, το έδαφος είναι πηλώδες και ανήκει στην υποομάδα των Typic Xerofluvent των Entisols. Η υδραυλική αγωγιμότητα του αγρού, όπως μετρήθηκε με τη συσκευή Quelp permeameter σε βάθος 20 και 45 cm καθώς και οι άλλες υδραυλικές παράμετροι του εδάφους του πειραματικού αγρού όπως προσδιορίστηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής δίδονται στον πίνακα I

**Πίνακας I. Υδραυλικές παράμετροι του εδάφους**

| Βάθος (cm) | Τύπος Εδάφους | ΦΕΒ (gr cm <sup>-3</sup> ) | Υδατοϊκανότητα (% w) | Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (% w) | Υδραυλική Αγωγιμότητα cm/h |
|------------|---------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 0-20       | L             | 1,25                       | 20,9                 | 11,48                         | 1,8                        |
| 20-40      | CL            | 1,23                       | 21,2                 | 11,64                         | 1,7                        |
| 40-60      | CL            | 1,21                       | 21,5                 | 11,81                         | 1,5                        |

Το πείραμα περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Χρησιμοποιήθηκε τυχαιοποιημένο σχέδιο συγκροτημάτων RCB με δύο μεταχειρίσεις σε τέσσερις επαναλήψεις. Η τυχαιοποίηση έγινε με τη μέθοδο των στατιστικών πινάκων. Η πρώτη μεταχείριση ήταν η άρδευση της προς εγκατάσταση καλλιέργειας με 80% της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Η δεύτερη περιλάμβανε άρδευση 100% της απαιτούμενης ποσότητας.

Για το σκοπό αυτό τα αγροτεμάχια υποδιαιρέθηκαν σε 8 πειραματικά τεμάχια, από τα οποία τα 4 προορίστηκαν για μεταχείριση 80% της απαιτούμενης ποσότητας νερού και τα υπόλοιπα 4 για μεταχείριση που περιλάμβανε άρδευση με 100% της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Έτσι κάθε πειραματικό τεμάχιο καταλάμβανε έκταση 11,25m<sup>2</sup> (4,5m μήκος και 2,5m πλάτος). Κάθε πειραματικό τεμάχιο



περιελάμβανε 4 γραμμές φύτευσης, κάθε γραμμή είχε 15 φυτά. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 30x60cm. Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος πλάτους 4m. Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή προσεγγίζονται πειραματικά δυο διαφορετικές δόσεις άρδευσης στην καλλιέργεια της στέβιας. Στην πρώτη δόση άρδευσης καλύπτεται το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ενώ στη δεύτερη δόση καλύπτεται το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας. Οι μετρήσεις γινόταν από τις δύο μεσαίες σειρές για τη μείωση του πειραματικού σφάλματος απ' τα διπλανά πειραματικά τεμάχια .

Πίνακας 2 Διάταξη πειραματικού αγροτεμαχίου σύμφωνα με τη χάραξη

|           |           |
|-----------|-----------|
| 100%      | 80%       |
| ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ | ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ |
| 80%       | 100%      |
| ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ | ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ |
| 100%      | 80%       |
| ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ | ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ |
| 80%       | 100%      |

**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

**100%:** Στέβια αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση άρδευσης που καλύπτει το 100% της εξατμισοδιαπνοης της καλλιέργειας.

**80%:** Στέβια αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση άρδευσης που καλύπτει το 80% της εξατμισοδιαπνοης της καλλιέργειας.

**Πλάτος διαδρόμου:** 4 m.

**Διαστάσεις πειραματικού τεμαχίου:**  
μήκος 30 m & πλάτος 9 m.

## 4.2 Σπορά

Το βασικό πρόβλημα με τη καλλιέργεια της στέβιας είναι ότι η απευθείας σπορά στο χωράφι είναι ακατάλληλη εξαιτίας του ότι οι σπόροι της είναι εξαιρετικά μικροσκοπικοί σε μέγεθος αλλά και επειδή έχουν πολύ περιορισμένη ικανότητα να βλαστήσουν. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η παραγωγή σπορόφυτων στέβιας σε ειδικά σπορεία όπου μόλις ξεπετάγονται τα φυτά θα πρέπει να μεταφυτευθούν στο χωράφι. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε σποροπαραγωγή στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Τα ειδικά τελάρα που χρησιμοποιούνται από τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι από πολυουρεθάνη, οι κυψελίδες είναι σε μορφή πυραμίδας, με βάση τετράγωνη και βάθος όχι λιγότερο από 40 χιλιοστά, ο όγκος θα πρέπει να είναι από 17-20 κυβ. εκατοστά, ενώ σε κάθε τρύπα τοποθετείται ένας σπόρος. Τα φυτά πριν από την μεταφύτευση τους στο χωράφι θα πρέπει να κουρευτούν, ώστε η διάμετρος του στελέχους να αυξηθεί, τα φυτά να είναι καλύτερα αερισμένα (λιγότερες πιθανότητες δημιουργίας ασθενειών στον κορμό) , και τα λιγότερα ανεπτυγμένα φυτά να έχουν μικρότερη σκίαση από τα ανεπτυγμένα για να εξασφαλίζεται ομοιομορφία .

Βέβαια το 50% του συνολικού κόστους παραγωγής της στέβιας προέρχεται από τη διαδικασία της μεταφύτευσης αλλά πιο συμφέρων οικονομικά τρόπος δεν υπάρχει από αυτόν.

## 4.3 Μεταφύτευση της καλλιέργειας στο πειραματικό τεμάχιο

Στο πεδίο του πειράματος πραγματοποιήθηκε προετοιμασία της σποροκλίνης, λαμβάνοντας χώρα τρεις μεταχειρίσεις φρεζαρίσματος.

Η μεταφύτευση των στεβιοφυταρίων έγινε με παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή με το χέρι. Πρώτα ανοίχτηκαν οι τρύπες με ένα σκαλιστήρι, κατόπιν ρίξαμε άφθονο νερό και τέλος τοποθετήθηκαν τα φυτά στις τρύπες και καλύφθηκαν με ξερό χώμα, πιέζοντας από επάνω με το χέρι.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν όλες οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες που χρειάστηκαν για να αναπτυχθεί η καλλιέργεια. Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν πραγματοποιήθηκε λιπαντική αγωγή.

#### **4.4 Άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου**

Ως καταλληλότερη αρδευτική μέθοδος επιλέχθηκε η στάγδην άρδευση. Πλεονέκτημα της πρακτικής αυτής για την παρούσα κατάσταση αποτελεί το γεγονός ότι μειώνονται οι υδατικές απώλειες λόγω εξάτμισης του από το έδαφος και διαπνοής του από την καλλιέργεια, λόγω ότι χορηγείται στα φυτά το επιθυμητό για τις ανάγκες του πειράματός μας νερό και όχι επιφανειακά.

Το δίκτυο μεταφοράς αρδευτικού νερού του συστήματος αποτελείται από αγωγούς, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο και έχουν εσωτερική διατομή 32 mm, ενώ η πίεση λειτουργίας τους αντιστοιχεί σε 6 Atm. Οι αγωγοί εφαρμογής (μήκους 25 m) από την άλλη πλευρά είναι επίσης κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό, με μόνη διαφορά ότι είναι μικρότερης διατομής (20 mm). Η απόσταση μεταξύ των αγωγών εφαρμογής είναι 1,20 m και κατά την εγκατάσταση του συστήματος, η τοποθέτησή τους έγινε σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών των φυτών. Επίσης, στους αγωγούς εφαρμογής ανά 0,6 m είναι τοποθετημένοι αυτορρυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι σταλακτήρες, οι οποίοι έχουν παροχή ίση με 3,6 lt/h, σε πίεση λειτουργίας 3,5 Atm και ωριαίο ύψος διαβροχής 3,75 mm/h.

Για να αποφευχθεί η αναρρόφηση του νερού, η οποία έχει ως άμεση συνέπεια την έμφραξη των σταλακτήρων από τα στερεά σωματίδια του εδάφους, τοποθετήθηκαν ειδικές βαλβίδες εκτόνωσης, καθώς επίσης και φίλτρο δίσκων εμποτισμένο με treflan. Το σκεύασμα αυτό είναι ζιζανιοκτόνο το οποίο χρησιμοποιείται στην περίπτωση της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες ως ριζοαπωθητικό, εμποδίζοντας έτσι την έμφραξη των σταλακτήρων από την είσοδο σε αυτούς των ριζών.

Όσο για τη μονάδα ελέγχου του υφιστάμενου συστήματος άρδευσης η οποία ευθύνεται για τη διοχέτευση του νερού στα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής, αποτελείται από ένα αριθμό ηλεκτροβανών, οι οποίες συνδέονται με ένα ειδικό προγραμματιστή άρδευσης (Miracle DC). Στο σύστημα γίνεται επίσης χρήση δύο υδρομέτρων για τον έλεγχο της ποσότητας του νερού που χορηγείται.

Με σκοπό την αυτόματη έναρξη και λήξη της εφαρμογής του αρδευτικού νερού στο πειραματικό τεμάχιο, χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτροβάνες τύπου Aquanet II με τάση λειτουργίας 9- 40V (κατ' αντιστοιχία με τους υδρομετρητές), οι οποίες ήταν συνδεδεμένες με τον προγραμματιστή. Ο Miracle DC κατασκευάζεται από την εταιρία Motorola και αυτοματοποιεί την όλη διαδικασία. Έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με 12 ηλεκτροβάνες ταυτόχρονα για την κάλυψη πολλαπλών αναγκών και

αποτελείται από ψηφιακή οθόνη, πλήκτρα εντολών που καθορίζουν την ημέρα, την ώρα έναρξης και τη διάρκεια της άρδευσης και λοιπά εξαρτήματα (μπαταρία λιθίου 9V, συνδέσεις, καλώδια κ.τ.λ.).

Κάποιες από τις προδιαγραφές του είναι ο εβδομαδιαίος προγραμματισμός των αρδεύσεων, η αύξηση του χρόνου άρδευσης χωρίς να απαιτείται επαναπρογραμματισμός, η διακοπή του προγράμματος για προεπιλεγμένο χρόνο μέχρι και 99 ημέρες και η αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα μετά την πάροδο της χρονικής αυτής διάρκειας, καθώς επίσης και πρόγραμμα ασφαλείας 10 λεπτών για κάθε μέρα. Με το Miracle DC η διάρκεια άρδευσης για κάθε ηλεκτροβάννα ποικίλει από 1 λεπτό έως 9 ώρες και 59 λεπτά.

Πρέπει ακόμη να αναφερθεί ότι οι μεταχειρίσεις στην καλλιέργεια της στέβιας με τα συστήματα στάγδιν άρδευσης ξεκίνησαν στις 10 Ιουνίου και περατώθηκαν στις 25 Οκτωβρίου της ίδιας χρονιάς. Ο υπολογισμός των δόσεων εφαρμογής έγινε αρχικά λαμβάνοντας υπόψη τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους και ακολούθως την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, όπως αυτή προέκυψε από μετρήσεις που πάρθηκαν με τη βοήθεια ενός εξατμισιμέτρου τύπου A.



**Προγραμματιστή άρδευσης (Miracle DC).**

## Όργανα και μέθοδοι μετρήσεως που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος

### *Εξατμισόμετρο τύπου Α*

Η χρήση του συνίσταται για τον προσδιορισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής ( $ET_o$ ), η γνώση της οποίας είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των αναγκών μιας καλλιέργειας σε νερό. Πρέπει να τονιστεί ότι η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής με τον τρόπο αυτό, αποτελεί μια αρκετά αξιόπιστη και αποτελεσματική μέθοδο.

Ένα εξατμισόμετρο τύπου Α αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα και μία μεταλλική κυλινδρική λεκάνη, η οποία είναι κατασκευασμένη από γαλβανισμένο χάλυβα. Οι διαστάσεις της είναι 121cm η διάμετρος και 25,4cm το βάθος. Η λεκάνη αυτή τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση, ώστε ο πυθμένας της να απέχει 15cm από την επιφάνεια του εδάφους. Για τη σωστή εγκατάσταση ενός εξατμισιμέτρου τύπου Α απαιτείται η βάση στην οποία εναποτίθεται η λεκάνη να είναι πλήρως οριζοντιωμένη και στη συνέχεια το έδαφος κάτω από το σύστημα να υπερυψωθεί, ώστε η απόσταση μεταξύ πυθμένα και εδάφους να είναι 5cm.

Μετά την εγκατάσταση η λεκάνη συμπληρώνεται με νερό έως το ύψος των 5cm κάτω από το χείλος της. Απαραίτητη προϋπόθεση για την άρτια λειτουργία του οργάνου είναι, η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη να μην πέσει ποτέ κάτω από το επίπεδο των 7,5cm από το χείλος της λεκάνης. Επίσης είναι αναγκαίο το νερό του εξατμισιμέτρου να ανανεώνεται συχνά για να μην θολώσει και μια φορά το χρόνο η λεκάνη να συντηρείται επικαλύπτοντας τη με χρώμα αλουμινίου, για την αποφυγή της ανάπτυξης μυκήτων και αλγών.

Η λειτουργία ενός εξατμισιμέτρου τύπου Α συνίσταται στη μέτρηση της ημερήσιας πτώσης της στάθμης του νερού στη λεκάνη, η οποία εκφράζεται με την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς του ( $ET_{pan}$ ) και τον υπολογισμό του βάθους του νερού. Οι τιμές που λαμβάνονται πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή εξατμισιμέτρου ( $K_p$ ) και ανάγονται στην εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ( $ET_o$ ) σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$ET_o = K_p * ET_{pan}$$

όπου:  $ET_o$  σε mm/ημέρα.

$ET_{pan}$  σε mm/ημέρα.

Η τιμή του συντελεστή διόρθωσης του εξατμισίμετρου υπολογίζεται ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας, του είδους, όπως επίσης και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισίμετρο. Βάση δεδομένων προηγούμενων ετών για το εξατμισίμετρο που είναι εγκατεστημένο στο αγρόκτημα, βρέθηκε ότι είναι 0,8 (Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη, 1996), ενώ η εύρεση της πτώσης της στάθμης του νερού στη λεκάνη έγινε με τη βοήθεια ενός σταθμημέτρου με ακίδα.

#### 4.5 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας

Βασικό κριτήριο για τη λήψη αποφάσεων όσον αφορά το χρόνο και τη δόση εφαρμογής του αρδευτικού νερού σε μια καλλιέργεια αποτελεί ο προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας. Λόγω του ότι οι τιμές αυξομειώνονται με την πάροδο του χρόνου ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών και βιολογικών επιδράσεων, ο προσδιορισμός της υγρασίας του εδάφους καθίσταται αντιπροσωπευτικός μόνο κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας.

Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας διαχωρίζονται σε άμεσες και έμμεσες. Για την άμεση μέτρηση χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι όπως είναι η σταθμική, του φωτιστικού οινοπνεύματος και άλλες, καθώς επίσης και κατάλληλα όργανα όπως είναι τα λυσίμετρα. Ο προσδιορισμός της μπορεί να γίνει και εμμέσως, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτής και κάποιας άλλης ιδιότητας του εδάφους όπως γίνεται στις μεθόδους μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης, σκεδασμού νετρονίων, τασιμέτρων και T.D.R. (Time Domain Reflectory).

Για την πραγματοποίηση της μέτρησης της εδαφικής υγρασίας στο συγκεκριμένο πείραμα, επιλέχθηκε η μέθοδος T.D.R. Χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής είναι η ταχύτητα και ακρίβεια των μετρήσεων που δίνει κατά τον προσδιορισμό της ογκομετρικής περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό, ενώ η απόδοσή της δεν εξαρτάται από τον τύπο του προς μέτρηση εδάφους και η χρήση της δεν εγκυμονεί κινδύνους λόγω ραδιενεργών εκπομπών. Παράλληλα έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί και σε όργανα με χρήση H/Y για αυτόματη ανάλυση.

Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην απευθείας μέτρηση της φαινόμενης διηλεκτρικής σταθεράς του εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ' όγκο περιεκτικότητα νερού (Σακελλαρίου, 2003). Με άλλα λόγια βασίζεται στην χρονομετρημένη απόκριση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου



για βάθη από 0 έως 120cm και την αναγωγή του χρόνου καθυστέρησης σε μονάδες εδαφικής υγρασίας, χρησιμοποιώντας πολυωνυμικές εξισώσεις. Αυτό απορρέει από το γεγονός ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό επηρεάζει την διηλεκτρική του σταθερά (Topp et al., 1980).

Το σύστημα για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. αποτελείται από τη συσκευή η οποία φέρει ενσωματωμένο επεξεργαστή, έναν αισθητήρα, τα καλώδια σύνδεσης του αισθητήρα με τη συσκευή και τον Η/Υ, την ομάδα εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή του αισθητήρα και το φορτιστή μπαταριών του οργάνου.

Από τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας που πραγματοποιήθηκε στα πειραματικά αγροτεμάχια, διαπιστώθηκε η καλή ύγρανση του ριζοστρώματος και στις τρεις μεταχειρίσεις ανάλογα με τη δόση της άρδευσης. Ακόμη λόγω του ότι η εκροή του νερού λάβαινε χώρα σε βάθος 15cm, η αύξηση της εδαφικής υγρασίας παρατηρήθηκε στα 0- 45cm. Αυτό είναι ευνοϊκός όρος για τα φυτά, τα οποία αναπτύσσουν το 70% του ριζικού τους συστήματος σε βάθος έως και 50cm από την επιφάνεια του εδάφους.

#### **4.6 Μετρήσεις όσον αφορά την καλλιέργεια της Στέβιας**

α) Ύψος φυτού: στις 30 ημέρες (20 Ιουνίου 2011), στις 60 ημέρες (20 Ιουλίου 2011), στις 90 ημέρες (20 Αυγούστου 2011) και στη συγκομιδή (20 Οκτωβρίου 2011). Σε καθένα από τα 8 πειραματικά τεμάχια επιλέχθηκαν τυχαία 5 φυτά για δειγματοληψία, τα οποία επισημάνθηκαν και μετρήθηκε το ύψος τους σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να παρακολουθείται η πορεία τους.

Η επισήμανσή τους εξυπηρετεί, έτσι ώστε οι μετρήσεις να γίνονται κάθε φορά στα ίδια φυτά και να μην υπάρχει σύγχυση στις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων. Στις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης είναι αποτέλεσμα ενός συνολικού αριθμού 20 φυτών από τα επιμέρους πειραματικά τεμάχια.

β) Χλωρό βάρος στελέχους, Χλωρό βάρος φύλλων και Χλωρό βάρος φυτού: στις 30 ημέρες (20 Ιουνίου 2011), στις 60 ημέρες (20 Ιουλίου 2011), στις 90 ημέρες (20 Αυγούστου 2011) και στη συγκομιδή (20 Οκτωβρίου 2011) 8 τυχαίων φυτών σε κάθε μεταχείριση (2 φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο).

γ) Ξηρό βάρος στελέχους, Ξηρό βάρος φύλλων και το Ξηρό βάρος φυτού: στις 30 ημέρες (20 Ιουνίου 2011), στις 60 ημέρες (20 Ιουλίου 2011), στις 90 ημέρες (20 Αυγούστου 2011) και στη συγκομιδή (20 Οκτωβρίου 2011) 8 τυχαίων φυτών σε κάθε μεταχείριση (2 φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο).

δ) Περιεκτικότητα επί τοις % σε στεβιοσίδη: σε κάθε μεταχείριση στη συγκομιδή πάρθηκαν δείγματα φύλλων τα οποία μετά την ξήρανση και το άλεσμα τους αναλύθηκαν για τη συγκέντρωση της γλυκαντικής ουσίας τους (Στεβιοσίδη, Ρεμπαουδιοσίδη Α και στεβιοσίδη) στο Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ) και ειδικότερα στην Ερευνητική Μονάδα του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων στην Αθήνα.

#### **4.7 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων**

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS, με τη βοήθεια του οποίου έγινε στατιστική ανάλυση των μετρήσεων. Επειδή έπρεπε να γίνει σύγκριση μεταξύ δύο μέσων όρων (ύψους φυτών και διαμέτρου δίσκου φυτών) ενός παράγοντα (ποσότητα δόσης άρδευσης). Από τις λειτουργίες του στατιστικού πακέτου χρησιμοποιήθηκε μόνο αυτή του κριτηρίου – t, συγκεκριμένα του independent t-test.

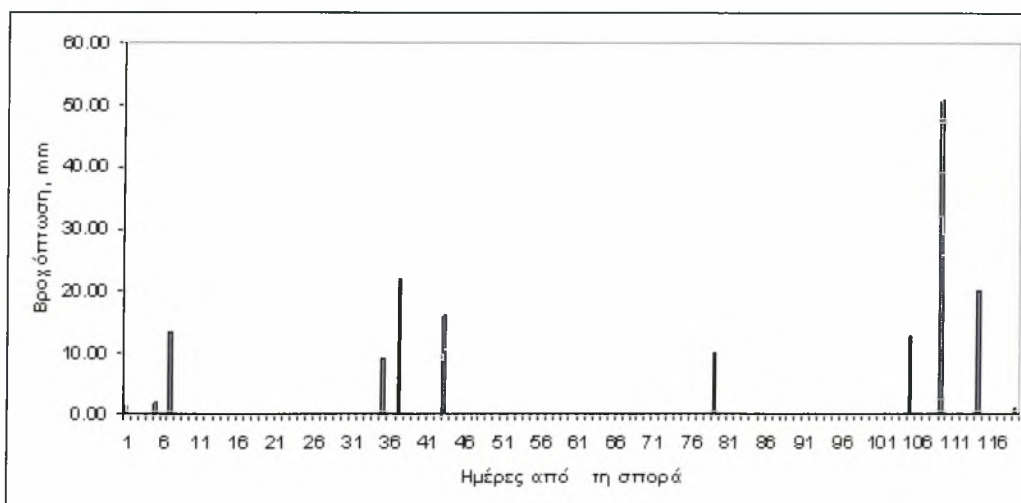
Η παρουσίαση των επεξεργασμένων δεδομένων είναι τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης, όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1 Κλιματολογικά δεδομένα

Κατά τη διάρκεια του πειράματος και για την περίοδο Μαΐου - Σεπτεμβρίου, σημειώθηκαν συνολικά 11 βροχοπτώσεις (Διάγραμμα 1), ενώ η καλλιέργεια δέχθηκε από αυτές ποσότητα νερού ίση με 154,04mm. Από την ημερομηνία σποράς μέχρι και την έναρξη της υπόγειας στάγδην άρδευσης, το σύνολο των βροχοπτώσεων που δέχθηκε η καλλιέργεια ήταν 13,04mm, ενώ μέχρι τη λήξη των αρδεύσεων η συνολική βροχόπτωση ήταν 141mm.

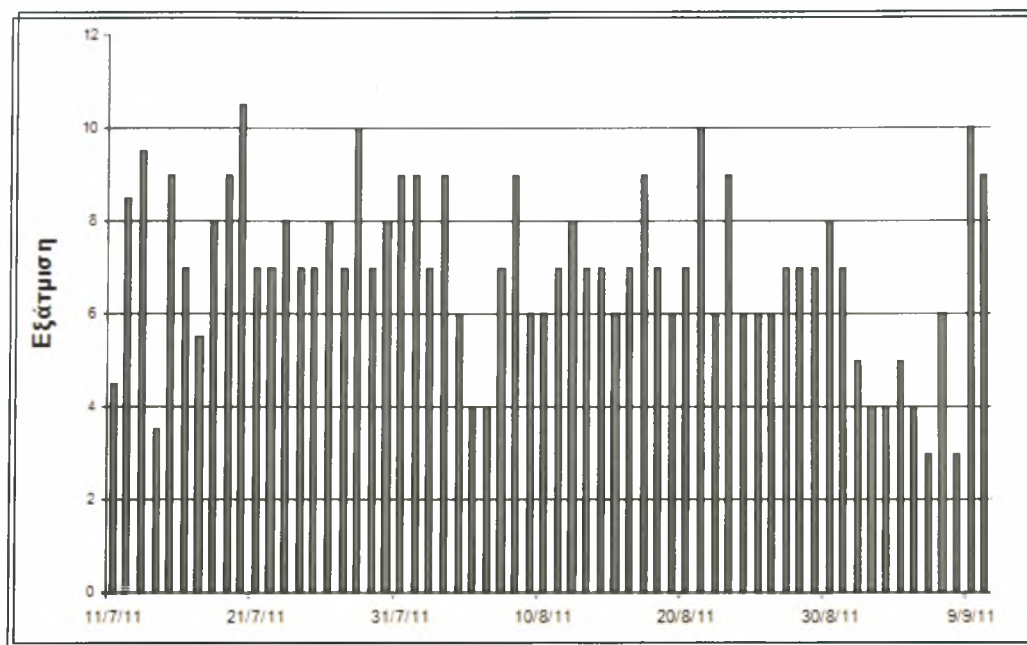
Την περίοδο Ιουνίου μέχρι και το Σεπτέμβριο (20/09/2009) από τις 8 βροχοπτώσεις που συνέβησαν, οι 6 είχαν ύψος πάνω από 10mm με το μεγαλύτερης έντασης επεισόδιο να σημειώνεται περί το πρώτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου (50,8mm). Παρόλο που κατά την αρδευτική περίοδο η καλλιέργεια δέχθηκε μεγάλη ποσότητα βρόχινου νερού, αυτό δεν ήταν επαρκές για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των φυτών. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τη σημασία της άρδευσης στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα μιας καλλιέργειας και ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή όπου η απόδοση είναι το ζητούμενο.



Διάγραμμα 1 Βροχοπτώσεις κατά την διάρκεια του πειράματος

Η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού κάθε άρδευσης καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρου τύπου A (Class A pan), με βάση την αθροιστική εξατμισοδιαπνοή από την προηγούμενη άρδευση (Παπαζαφειρίου 1985, Phene et al 1992, Allen et al

1998). Στο Διάγραμμα 2 δίνονται οι ημερήσιες μετρημένες τιμές εξάτμισης της καλλιεργητικής περιόδου 2011.

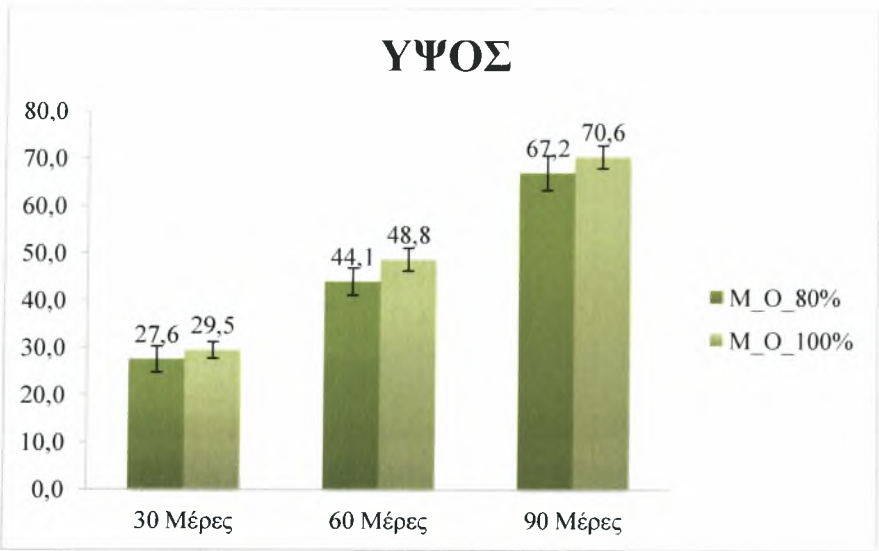


**Διάγραμμα 2** Ημερήσιες τιμές εξάτμισης (mm) καλλιεργητικής περιόδου 2011 μετρημένες στο χώρο του πειραματικού αγρού

5.2 Χαρακτηριστικά των καλλιεργηθέντων φυτών της Στέβιας

Το συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκε το έτος 2011 στο Βελεστίνο, για να προσδιορισθούν οι περιεκτικότητες επί τοις % σε Στεβιοσίδη, Ρεμπαουδιοσίδη Α και στεβιοσίδη (Στεβιοσίδη και Ρεμπαουδιοσίδη Α) δύο μεταχειρίσεων στέβιας, 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής και 80% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, στη συγκομιδή.

5.2.1 Ύψος φυτού



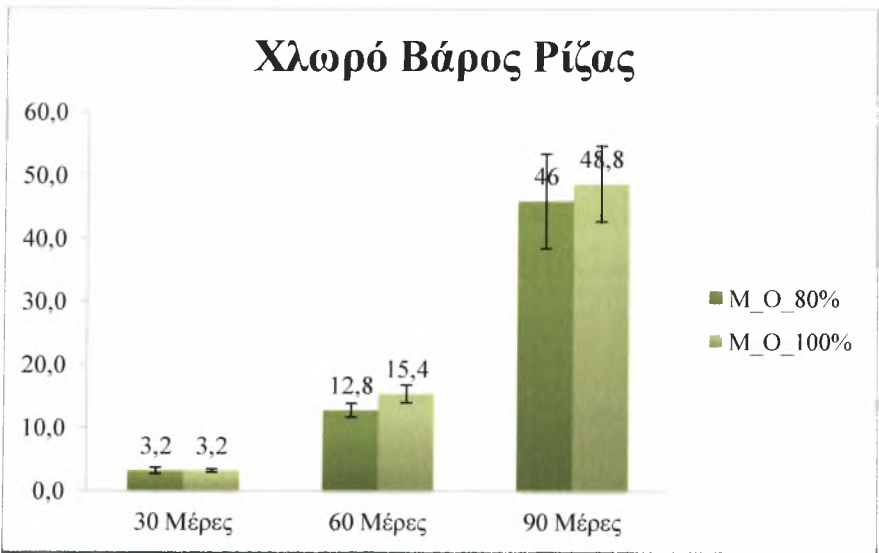
Σχήμα 1 Ύψος φυτού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 3 Στατιστική ανάλυση, ύψους φυτού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

| ANOVA ΥΨΟΣ |                |                |    |             |        |      |
|------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|            |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| M_30       | Between Groups | 38,025         | 1  | 38,025      | 7,227  | ,011 |
|            | Within Groups  | 199,950        | 38 | 5,262       |        |      |
|            | Groups         |                |    |             |        |      |
|            | Total          | 237,975        | 39 |             |        |      |
| M_60       | Between Groups | 220,900        | 1  | 220,900     | 31,474 | ,000 |
|            | Within Groups  | 266,700        | 38 | 7,018       |        |      |
|            | Groups         |                |    |             |        |      |
|            | Total          | 487,600        | 39 |             |        |      |
| M_90       | Between Groups | 115,600        | 1  | 115,600     | 12,152 | ,001 |
|            | Within Groups  | 361,500        | 38 | 9,513       |        |      |
|            | Groups         |                |    |             |        |      |
|            | Total          | 477,100        | 39 |             |        |      |

Το ύψος φυτού (Σχήμα 1) στις 30 – 60 – 90 ημέρες παρατηρείται, ότι διαφέρει στις δύο μεταχειρίσεις, 80% και 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αυτό επαληθεύεται και από την στατιστικά ανάλυση, που φαίνεται στον Πίνακα 1 και συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστικός σημαντική διαφορά στο ύψος του φυτού στις 30, 60 και 90 μέρες αντίστοιχα (sig= 0,011, 0,00, 0,001 < 0,05).

5.2.2 Χλωρό βάρος ρίζας



Σχήμα 2 Χλωρό βάρος ρίζας στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

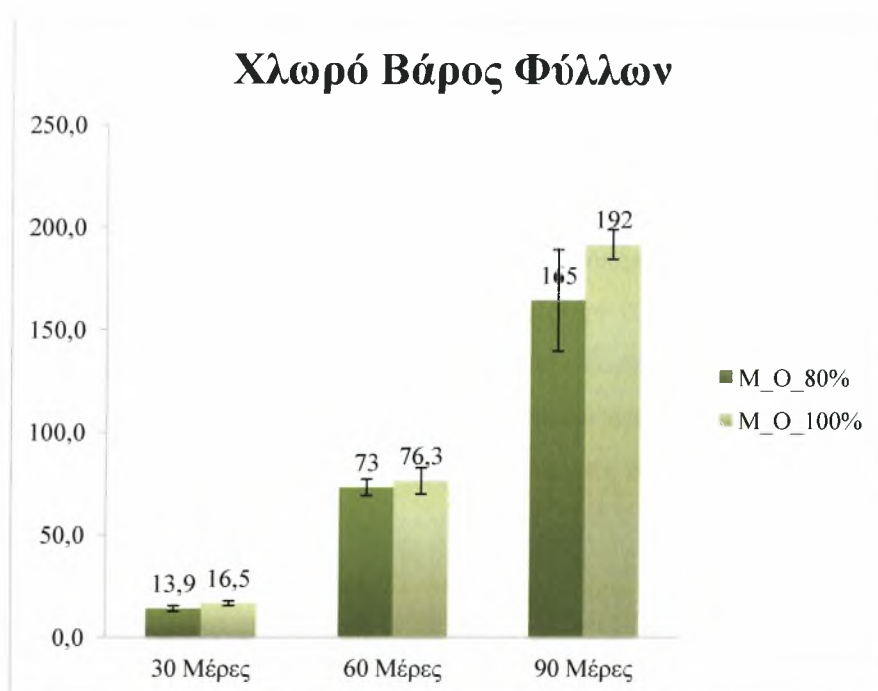
Πίνακας 4 Στατιστική ανάλυση, χλωρού βάρους ρίζας στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής

| ANOVA ΧΛΩΡΟ ΡΙΖΑ |                |                |    |             |        |      |
|------------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                  |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| M_30             | Between Groups | ,001           | 1  | ,001        | ,004   | ,951 |
|                  | Within Groups  | 2,274          | 14 | ,162        |        |      |
|                  | Total          | 2,274          | 15 |             |        |      |
| M_60             | Between Groups | 27,747         | 1  | 27,747      | 17,313 | ,001 |
|                  | Within Groups  | 22,437         | 14 | 1,603       |        |      |
|                  | Total          | 50,183         | 15 |             |        |      |
| M_90             | Between Groups | 30,250         | 1  | 30,250      | ,658   | ,431 |
|                  | Within Groups  | 643,500        | 14 | 45,964      |        |      |
|                  | Total          | 673,750        | 15 |             |        |      |



Το χλωρό βάρος ρίζας (Σχήμα 2) στις 60 ημέρες παρατηρείται, ότι διαφέρει στις δύο μεταχειρίσεις, 80% και 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αυτό επαληθεύεται και από την στατιστική ανάλυση, που φαίνεται στον Πίνακα 2 και συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά στο χλωρό βάρος ρίζας στις 60 μέρες ( $\text{sig} = 0,01 < 0,05$ ). Αντίθετα στις 30 και 90 ημέρες παρατηρείται, ότι οι διαφορετικές δόσεις άρδευσης δεν επηρεάζουν το χλωρό βάρος ρίζας και παρουσιάζουν παρόμοιο βάρος. Αυτό φαίνεται και στον Πίνακα 2, όπου από την στατιστική ανάλυση δεν προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά ( $\text{sig} = 0,951, 0,431 > 0,05$ ).

### 5.2.3 Χλωρό βάρος φύλλων



**Σχήμα 3** Χλωρό βάρος φύλλων στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

**Πίνακας 5** Στατιστική ανάλυση, χλωρού βάρους φύλλων στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

| ANOVA ΧΛΩΡΟ ΦΥΛΛΑ |                |                |    |             |        |      |
|-------------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                   |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| M_30              | Between Groups | 26,420         | 1  | 26,420      | 15,545 | ,001 |
|                   | Within Groups  | 23,794         | 14 | 1,700       |        |      |
|                   | Total          | 50,214         | 15 |             |        |      |
| M_60              | Between Groups | 42,250         | 1  | 42,250      | 1,473  | ,245 |
|                   | Within Groups  | 401,500        | 14 | 28,679      |        |      |
|                   | Total          | 443,750        | 15 |             |        |      |
| M_90              | Between Groups | 2997,563       | 1  | 2997,563    | 8,948  | ,010 |
|                   | Within Groups  | 4689,875       | 14 | 334,991     |        |      |
|                   | Total          | 7687,438       | 15 |             |        |      |

Το χλωρό βάρος φύλλων (Σχήμα 3) στις 60 ημέρες παρατηρείται, ότι δεν διαφέρει στις δύο μεταχειρίσεις, 80% και 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αυτό επαληθεύεται και από την στατιστικά ανάλυση, που φαίνεται στον Πίνακα 3 και συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικός σημαντική διαφορά στο χλωρό βάρος φύλλων στις 60 μέρες ( $\text{sig} = 0,245 > 0,05$ ). Αντίθετα στις 30 και 90 ημέρες παρατηρείται, ότι οι διαφορετικές δόσεις άρδευσης παρουσιάζουν διαφορετικό χλωρό βάρος φύλλων. Αυτό φαίνεται και στον Πίνακα 3, όπου από την στατιστική ανάλυση προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά ( $\text{sig} = 0,001, 0,10 < 0,05$ ).

### 5.2.4 Χλωρό βάρος βλαστού



Σχήμα 4 Χλωρό βάρος βλαστού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

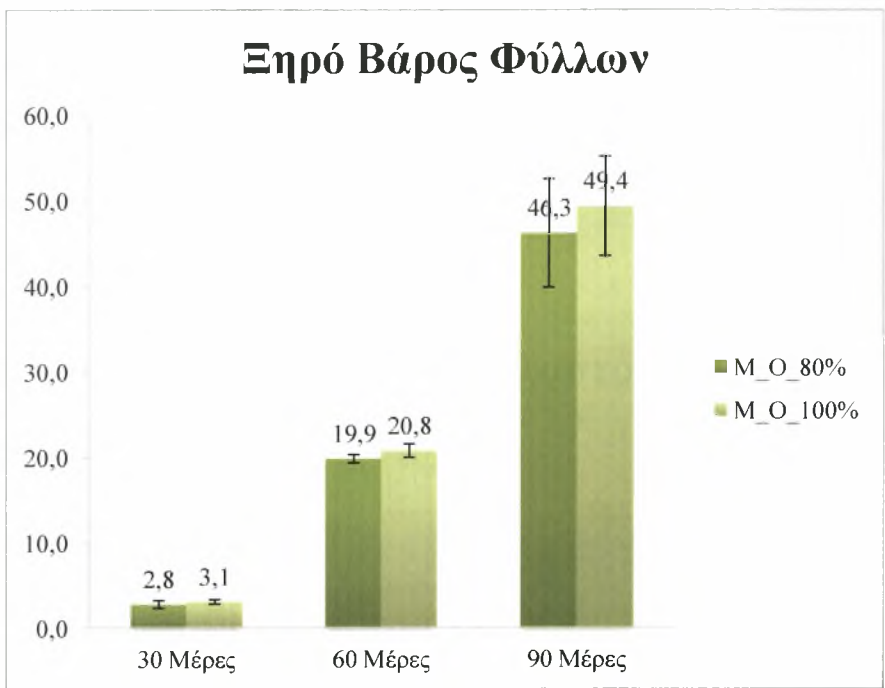
Πίνακας 6 Στατιστική ανάλυση, χλωρού βάρους βλαστού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

| ANOVA ΧΛΩΡΟ ΒΛΑΣΤΟΥ |                |                |    |             |        |      |
|---------------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                     |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| M_30                | Between Groups | 17,535         | 1  | 17,535      | 31,477 | ,000 |
|                     | Within Groups  | 7,799          | 14 | ,557        |        |      |
|                     | Groups         |                |    |             |        |      |
|                     | Total          | 25,334         | 15 |             |        |      |
| M_60                | Between Groups | 210,250        | 1  | 210,250     | 14,324 | ,002 |
|                     | Within Groups  | 205,500        | 14 | 14,679      |        |      |
|                     | Groups         |                |    |             |        |      |
|                     | Total          | 415,750        | 15 |             |        |      |
| M_90                | Between Groups | 380,250        | 1  | 380,250     | 5,115  | ,040 |
|                     | Within Groups  | 1040,750       | 14 | 74,339      |        |      |
|                     | Groups         |                |    |             |        |      |
|                     | Total          | 1421,000       | 15 |             |        |      |

Το χλωρό βάρος βλαστού (Σχήμα 4) στις 30 – 60 – 90 ημέρες παρατηρείται, ότι διαφέρει στις δύο μεταχειρίσεις, 80% και 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αυτό επαληθεύεται και από την στατιστικά ανάλυση, που

φαίνεται στον Πίνακα 4 και συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστικός σημαντική διαφορά στο ύψος του φυτού στις 30, 60 και 90 μέρες αντίστοιχα ( $\text{sig} = 0,00, 0,02, 0,040 < 0,05$ ).

5.2.5 Ξηρό βάρος φύλλων



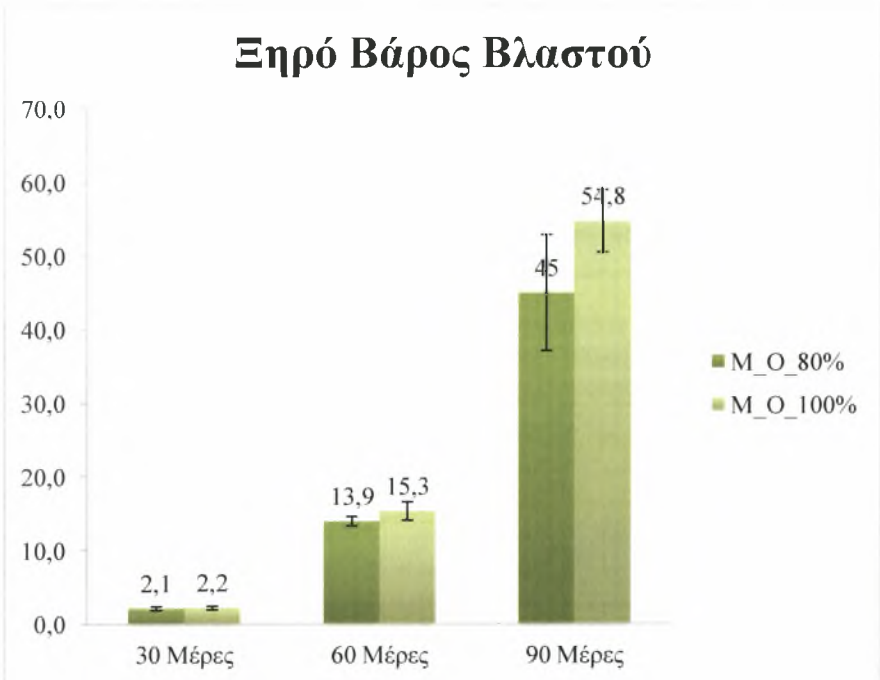
Σχήμα 5 Ξηρό βάρος φύλλων στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 7 Στατιστική ανάλυση, ξηρού βάρους βλαστού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

| ANOVA ΞΗΡΟ ΦΥΛΛΑ |                |                |    |             |       |      |
|------------------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
|                  |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
| M_30             | Between Groups | ,375           | 1  | ,375        | 2,867 | ,113 |
|                  | Within Groups  | 1,832          | 14 | ,131        |       |      |
|                  | Groups         |                |    |             |       |      |
|                  | Total          | 2,207          | 15 |             |       |      |
| M_60             | Between Groups | 3,525          | 1  | 3,525       | 8,231 | ,012 |
|                  | Within Groups  | 5,996          | 14 | ,428        |       |      |
|                  | Groups         |                |    |             |       |      |
|                  | Total          | 9,521          | 15 |             |       |      |
| M_90             | Between Groups | 39,063         | 1  | 39,063      | 1,061 | ,320 |
|                  | Within Groups  | 515,375        | 14 | 36,813      |       |      |
|                  | Groups         |                |    |             |       |      |
|                  | Total          | 554,438        | 15 |             |       |      |

Το ξηρό βάρος φύλλων (Σχήμα 5) στις 60 ημέρες παρατηρείται, ότι διαφέρει στις δύο μεταχειρίσεις, 80% και 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αυτό επαληθεύεται και από την στατιστική ανάλυση, που φαίνεται στον Πίνακα 5 και συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστικός σημαντική διαφορά στο ξηρό βάρος φύλλων στις 60 μέρες ( $\text{sig} = 0,012 < 0,05$ ). Αντίθετα στις 30 και 90 ημέρες παρατηρείται, ότι οι διαφορετικές δόσεις άρδευσης δεν επηρεάζουν το ξηρό βάρος φύλλων και παρουσιάζουν παρόμοιο βάρος. Αυτό φαίνεται και στον Πίνακα 5, όπου από την στατιστική ανάλυση δεν προκύπτει στατιστικός σημαντική διαφορά ( $\text{sig} = 0,113, 0,320 > 0,05$ ).

5.2.6 Ξηρό βάρος βλαστού



Σχήμα 6 Ξηρό βάρος βλαστού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

Το ξηρό βάρος βλαστού (Σχήμα 6) στις 30 ημέρες παρατηρείται, ότι δεν διαφέρει στις δύο μεταχειρίσεις, 80% και 100% άρδευση βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αυτό επαληθεύεται και από την στατιστική ανάλυση, που φαίνεται στον Πίνακα 6 και συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικός σημαντική διαφορά στο ξηρό βάρος του βλαστού στις 60 μέρες ( $\text{sig} = 0,471 > 0,05$ ). Αντίθετα στις 60 και 90 ημέρες παρατηρείται, ότι οι διαφορετικές δόσεις άρδευσης επηρεάζουν το ξηρό βάρος βλαστού και παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές βάρους.

Αυτό φαίνεται και στον Πίνακα 6, όπου από την στατιστική ανάλυση προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά ( $\text{sig}=0,013$ ,  $0,008 < 0,05$ ).

**Πίνακας 8** Στατιστική ανάλυση. Ξηρού βάρους βλαστού στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (30-60-90μέρες), με διαφορετική δόση άρδευσης (80%- 100%) βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.

|      |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
|------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| M_30 | Between Groups | ,032           | 1  | ,032        | ,550  | ,471 |
|      | Within Groups  | ,825           | 14 | ,059        |       |      |
|      | Total          | ,857           | 15 |             |       |      |
| M_60 | Between Groups | 7,812          | 1  | 7,812       | 7,987 | ,013 |
|      | Within Groups  | 13,694         | 14 | ,978        |       |      |
|      | Total          | 21,506         | 15 |             |       |      |
| M_90 | Between Groups | 380,250        | 1  | 380,250     | 9,481 | ,008 |
|      | Within Groups  | 561,500        | 14 | 40,107      |       |      |
|      | Total          | 941,750        | 15 |             |       |      |

**Πίνακας 9** Αποτελέσματα περιεκτικότητας των δειγμάτων σε γλυκαντική ουσία ( Stevioside και Rebaudioside A )

| Κωδικός Δείγματος | Περιγραφή Δείγματος | Stevioside (mg/100 ml εκχυλίσματος) | Rebaudioside A (mg /100ml εκχυλίσματος) | M.O Stevioside |      | M.O Rebaudio side A |      |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------|---|----------------|------|---------------------|------|
|                   | A 12 100%           | 70,0                                | 21,5                                    | 100%           | 80%  | 100 %               | 80 % |
|                   | B 12 80%            | 69,4                                | 23,1                                    |                |      |                     |      |
|                   | A 32 100%           | 73,3                                | 49,5                                    |                |      |                     |      |
|                   | B 32 80%            | 95,5                                | 35,2                                    | 64,16          | 80,1 | 33,6                | 29   |
|                   | A 42 100%           | 49,2                                | 29,9                                    |                |      |                     |      |
|                   | B 42 80%            | 75,4                                | 28,7                                    |                |      |                     |      |

Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων ( Ι.ΤΕ.ΓΕ.Π ) σε συνεργασία με το εργαστήριο Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων της κ. Γιανούλη Περσεφόνης, όπου πραγματοποιήθηκε η παρασκευή των εκχυλίσμάτων.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δειγμάτων των 2 διαφορετικών μεταχειρίσεων (80% και 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής ) προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα: Τα ποσοστά των γλυκοζιτών στεβιόλης, στεβιοσίδης και ρεμπαουδιοσίδης Α εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά στα εκχυλίσματα που προέρχονται από επαναλήψεις που αρδεύοντας με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής.





## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πείραμμα πραγματοποιήθηκε προκειμένου να προσδιοριστεί η εξάρτηση της γλυκαντικής ουσίας της στέβιας από την ποσότητα άρδευσης της και πώς επιρεάζεται η ανάπτυξη του φυτού.

Από τη μελέτη και σύγκριση των αποτελεσμάτων, για τις δύο μεταχειρίσεις της στέβιας, οδηγούμαστε στην εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων:

1. Το ύψος των φυτών στις δύο μεταχειρίσεις φαίνεται ότι διαφέρει στους τρεις χρόνους παρατηρήσεων 30, 60, 90 ημέρες και τα φυτά που αρδεύονταν με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής εμφανίζουν μεγαλύτερο μέσο ύψος (Μ.Ο. 70,6 cm) σε σχέση με αυτά που αρδεύονταν με το 80% (Μ.Ο. 67,2cm).
2. Το χλωρό βάρος της ρίζας εμφανίζει μια διακύμανση στις παρατηρήσεις που έγιναν στις 60 ημέρες με μεγαλύτερη τιμή στις επαναλήψεις που η δόση άρδευσης ήταν ίση με 100%, ενώ η τελική της ανάπτυξη στις 90 ημέρες εμφανίζει παρόμοια αποτελέσματα.
3. Το χλωρό βάρος του βλαστού φαίνεται να επηρεάζεται θετικά με τη χορήγηση μεγαλύτερης δόσης άρδευσης, με τους μέσους όρους του βάρους του να είναι μεγαλύτεροι στις μεταχειρίσεις που έγινε άρδευσης με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής με μέσο όρο στις τελικές μετρήσεις 165,1gr και 155,4gr αντίστοιχα για το 80%.
4. Επίσης το χλωρό βάρος των φύλλων στις επανάληψεις με άρδευση ίση με το 100% της εξατμισοδιαπνοής εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτές όπου η ποσότητα άρδευσης ήταν ίση με το 80% με αντίστοιχους μέσους όρους 192gr και 165gr.
5. Το ξηρό βάρος του βλαστού εξαρτάται και αυτό θετικά από την ποσότητα άρδευσης με το μέσο βάρος στις επαναλήψεις με 100% να είναι 54,8gr και 45gr σε αυτές με 80% αντίστοιχα.
6. Αντίθετα το ξηρό βάρος των φύλλων εμφανίζει παρόμοιες τιμές με τις τιμές των δύο μεταχειρίσεων να μην έχουν στατιστικώς σημαντική διαφορά.
7. Όσον αφορά την περιεκτικότητα των ξηρών φύλλων σε γλυκαντική ουσία παρατηρούμε ότι η ποσότητα άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής δίνει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στη γλυκαντική

ουσία στεβιοσίδη και παρόμοια συγκέντρωση στη γλυκαντική ουσία ρεμπαουδιοσίδης Α.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι οι δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις που εξετάστηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα, άρδευση ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής και άρδευση ίση με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, δίνουν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά το ξηρό βάρος των φύλλων, τα οποία περιέχουν τις γλυκαντικές ουσίες. Σε συνάρτηση με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε στεβιοσίδη και την παρόμοια σε ρεμπαουδιοσίδη Α, προκύπτει ότι η ποσότητα άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής μπορεί να εφαρμόζεται ώστε να επιτυγχάνονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε γλυκαντική ουσία αλλά και εξοικονόμηση νερού.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Βαφοπούλου-Μαστρογιαννάκη, Α. 2003. Βιοχημεία Τροφίμων. Εκδόσεις Ζήτη,Θεσσαλονίκη, σελ. 17-18, 85, 87-103.
- Εγχειρίδιο Ασφάλειας-Λογισμικό, 2007. AEGIS. Version GR 2.0.
- Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων, 2008. V/νση Βιαιτροφικής Πολιτικής &Ερευνών.
- Καρδούλης, Α. Γ. 2003. Αλφαβητικό και Θεματικό Εγκυκλοπαιδικό Λεξικό Τροφίμων και ποτών, σελ. 95, 123-124, 228, 266, 293,361.
- Λόλας, Π. Χ. 2007. Agrenda 56ο φύλλο.
- Λόλας, Π. Χ. 2009. Το Φυτό, Ιδιότητες, Χρήσεις Έρευνας στην Ελλάδα, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, σελ. 15, 23, 24, 25, 29, 59, 65, 67, 118,124.
- Μήτσιος, Ι. Κ., Τούλιος, Μ. Γ., Χαρούλης, Α.Θ., Γάτσιος, Φ., και Φλωράς, ΣΤ.2000. Εδαφολογική Μελέτη και Εδαφολογικός χάρτης του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου, Εκδόσεις: Zymel, σελ.31.
- Μπιλιαδέρης, Κ. Γ. 1998. Φυσικοχημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, σελ. 147-183.
- Μπόσκου, . 1997. Χημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ.42-47, 106-113.
- Πανέρας, Ε. . 1992. Γεωργική Τεχνολογία και Επιστήμη Τροφίμων, σελ. 15-21,24-25, 69-70, 89-90.
- Στρουθόπουλος, Θ. 2006. Γεωπονικό Λεξικό Ερμηνεία και Απόδοση όρων στα ελληνικά, αγγλικά, γαλλικά και γερμανικά, Εκδόσεις Αγρότυπος, σελ.106,121,164, 273, 325, 407-408, 424.
- Lackie, J.M., Dow, J.A.T., Ζιούδρου, Χ. και Σταματόπουλος, Κ. 2002.

Ερμηνευτικό Λεξικό Κυτταρικής και Μοριακής Βιολογίας, Ιατρικές Εκδόσεις, σελ. 64, 129, 170, 182, 281, 308, 341, 403.

## ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

- Giannouli, Persephoni 2001. Segregative interactions in biopolymer gelation, PhD, pp. 62-63, 75-76

## ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alais, C. and Linden, G. 1991. Food Biochemistry. West Sussex, UK: Ellis Horwood.
- Alvarez, M. 1984. Stevia rebaudiana Bert. estado atual do conhecimento, Universidade Estadual de Maringa, Maringa. pp. 118.
- Alvarez, M. and Couto, A.C.C. 1984. Processo de fracionamento dos componentes das folhas da Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni (Fundação Universidade Estadual de Maringá), Patent, Brazil, protocol No. 84 02 752.
- Andolfi, L., Ceccarini, L. and Macchia, M. 2002. Bio-agronomic characteristics of Stevia rebaudiana. Informatore Agrario. 58: 48-51.
- Ash, M. and Ash, I. 1997. Handbook of Food Additives. Brookfield, VT: Gower Publishing.
- Barathi, v. 2003. Stevia – The calorie free natural sweetener. Natural Product Radiance. 2: 120-122.
- Basuki, S. 1990. - Effects of black plastic mulch and plant density on the growth of weeds and of Stevia. Biotrop Special Publication. 38: 107-113.
- Bertonha, A., Muniz, A. S., Carneiro, J. W. P., Martins, E. v., Jabur, I. C. and Thomaz, S. I. 1984. “Estudo de cultivo, reproducao e selecao das varierades mais productivas de Stevia rebaudiana, en solos do norte de Prana,” (2nd ed.), Maringa, UEM, pp. 103.

- Bertoni, M.S. 1905. La Kaa He e-Sa nature et ses propietes. Anal cient paraguayos. 5: 1-14.
- Bloom, O.T. 1925. Machine for testing jelly strength of glue, gelatins, and the like. US Patent #1,540,979. Assigned to Swift.
- Bondarev, v. I., vosov, A. M. and Kornienko, A. V. 1998. Effects of exogenous growth regulators on callusogenesis and growth of cultured cells of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Russian Journal of Plant Physiology. 45: 770-774.
- Bian, Y.M. 1981. Studies on *Stevia rebaudiana* – a new sweet – tasting plant: Refining stevioside and determination of its concentration [Chinese]. Plant Physiology Communications. 3: 15-17.
- Brandle, J. E. and Rosa, v. 1992. Hertability for yield. Leaf: stem ratio and stevioside content estimated from a landrace cultivar of *Stevia rebaudiana*. Canadian Journal Plant Science. 72: 1263-1266.
- Brandle, J. E., Starratt, A. v. and Gijzen, M. 1998. *Stevia rebaudiana*: Its agricultural, biological, and chemical properties [Review]. Canadian Journal of Plant Science. 78: 527-536.
- Budavari, S. 1996. Merck Index, (12th ed.) Whitehouse Station, NJ: Merck.
- Carakostas, M.C., Curry, L.L., Boileau, A.C. and Brusick, D.J. 2008. Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. Food and Chemical Toxicology. 46: S1–S10.
- Carneiro, J. W. P., Muniz, A. S. and Guedes, T. A. 1997. Greenhouse bedding plant production of *Stevia rebaudiana* (Bert) bertoni. Canadian Journal of Plant Science. 77: 473-474. Cerna, K. 2000. Physiological changes in *Stevia rebaudiana* (Bertoni) leaves caused by root sphere conditions. In “Abs. 4th International Conferene on Ecophysiology of Plant Production Process in Stress conditions,” September 12-14, Rackova dolina, Slovakia.
- Chalapathi, M. V., Shivaraj, B., Parama, V. R. R. and Rama Krishna Prama, V. R. 1997a. Nutrient uptake and yield of *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) as influenced by methods of planting and fertilizer levels. Crop Research 14: 205 – 208.



- Chalapathi, M. V., Thimmegowda, S., Rama Krishna Prama, V. R. and Prasad, T. G. 1997b. Natural non-calorie sweetener Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): A future crop of India. *Crop Research*. 14: 347-350.
- Chatsudthipong V. and Muanprasat, C. 2009. Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology and Therapeutics*. 121: 41–54.
- Chen, K., Chang, T. R. and Chen, S. T. 1978. Studies on the cultivation of Stevia and seasonal variations of stevioside. *China Gartenbau*. 24: 34-42.
- Clark, Allan. 1992. Biopolymer gelation. *Food Chemistry*. 63: 1162-1170.
- Cole, B. 2000. Gelatin, in F.J. Francis (ed.) *Encyclopedia of Food Science and Technology*. New York: Wiley. 2: 1183-1188.
- Columbus, M. 1997. “The Cultivation of Stevia, Nature’s Sweetener,” QMAFRA, Ontario, Canada. pp. 4.
- Donalisio, M. G., Duarte, F. R. and Souza, C. J. 1982. Estevia (*Stevia rebaudiana*). *Agronômico, Campinas (Brazil)*. 34: 65-68.
- Duke, J. 1993. *Stevia rebaudiana* (Bert.). In “CRC Handbook of Alternative Cas Crops” (J. Duke, Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 422-424.
- Dwivedi, R. S. 1999. Unnurtured and untapped sweet non-sacchariferous plant species in India. *Current Science*. 76: 1454-1461.
- Ermakov, E. I. and Kotechetov, A. A. 1996. Specific features in growth and development of Stevia plants under various light regimes to regulate conditions. *Doklady Rossiitskoi Akademii Sel’Skokhozyaisivennykh Nauk*. 0: 8.
- European Commission. 1999. Opinion on Stevia rebaudiana plants and leaves. Scientific Committee on Food. CS/NF/STEV/3 Final Dt. June 17.
- Filho, L. O. F., Malavilta, E., De Sena, J. O. A. and Carneiro, J. W. P. 1997. Uptake and accumulation of nutrients in Stevia (*Stevia rebaudiana*). *Micronutrients*. *Scientia Agricola*. 54: 23–30.

- Fronza, D. and Folegatti, M. V. 2003. Water consumption of the Stevia (Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni) crop estimated through microlysimeter. *Scientia Agricola*. 60: 595-599.
- Garono, L.E., Kramer, F. and Steigmann, A.E. 1956. Gelatin extraction process. US Patent #2,743,265. Assigned to General Foods.
- Gass, T. 2001. Petition for amending the National List of the USDA's National Organic Program. Washington, DC: USDA/AMS/TM/NOP.
- Goenadi, D. H. 1983. Water tension and fertilization of Stevia rebaudiana on oxic tropudalf soil. *Menara Perkebunan*. 51:85-90.
- Goenadi, D. H. 1985. Effect of FYM, NPK, and liquid organic fertilizers of Stevia rebaudiana (Bert.). *Menara Perkebunan*. 53: 29-34.
- Goenadi, D. H. 1987. Effect of slope position on growth of Stevia rebaudiana in Indonesia. *Communications in plant Science and Analysis*. 18: 1317-1328.
- Goettemoeller, J. and Ching, A. 1999. Seed germination in Stevia rebaudiana. In *Perspectives on new crops and new uses* (J. Janick, Ed.). ASHS press, Alexandria, VA. pp. 510-511.
- Gonzalez, R. E. 2000. Necesidad de agua para el cultivo de KAA HEE (Stevia rebaudiana Bert) bajo riego por goteo, calculado sobre la base de lectura de microlisimetro. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo Monografía (Graduacion). pp. 37.
- Goto, A. 1997. Estudo da influência do rebaudiosídeo A na solubilidade do esteviosídeo e análise sensorial dos produtos obtidos, M.S. thesis, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brazil.
- Grenby, T.H. 1991. Intense sweeteners for the food industry an overview. *Trends in Food Science and Technology*. 2: 2-6.
- Hinterwaldner, R. 1977a. Raw Materials, in Ward, A.G. and A. Courts. 1977. *The Science and Technology of Gelatin*. London, UK: Academic. pp. 295-314.
- Hinterwaldner, R. 1977b. Technology of Gelatin Manufacture, in Ward, A.G. and A. Courts. *The Science and Technology of Gelatin*. London, UK: Academic. pp. 315-364.

- Holm, K., Wendin, K. and Hermansson, Anne-Marie. 2009. Sweetness and texture perceptions in structured gelatin gels with embedded sugar rich domains. *Food Hydrocolloids*. 23: 2388–2393.
- Igoe, R.S. 1983. *Dictionary of Food Ingredients*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Ishiba, C., Yokoyama, T. and Tani, T. 1982- Black spot disease of stevia caused by *Alternaria*. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*. 48: 44-51.
- Jackson, M.C., Francis, G.J. and Chase, R.G. 2006. High yield method of producing rebaudioside A. US patent application 0083838.
- Kawatani, T., Kaneki, Y. and Tanabe, T. 1977. On the cultivation of Kaa-hee (*Stevia rebaudiana* Bert.). *Japanese Journal of Tropical Agriculture*. 20: 137-142.
- Kawatani, T., Kaneyi, Y., Tanabe, T. and Takahashi, T. 1980. On the cultivation of Kaa-hee (*Stevia rebaudiana* Bert.). Response of to potassium fertilization rates and to the three major elements of fertilizer. *Nettai Nogyo*. 24:105-112.
- Keenan, T.R. 1994. Gelatin, in J. Kroschwitz (ed.) *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: Wiley. 12: 406-416.
- Kenney and Ross LTD. *Process Flow Diagram*. Port Saxson, SN. Canada Bot IWO.
- Kinghorn, A. D. and Soejarto, D. D. 1985. Current status of stevioside as a sweetening agent for human use. In H. Wagner, H. Hikino, & N. R. Farnsworth (Eds.), *Economic and Medical Plant Research*. London: Academic Press. pp. 1–52.
- Komissarenko, v.F., Derkach, A.I., Kovalyov, I.P. and Bublik, v.P. 1994. Diterpene glycosides and phenylpropanoids of *Stevia rebaudiana* Bertoni: *Rast,Research*. 1: 53–64.
- Kroyer, G. Th. 1999. The Low Calorie Sweetener Stevioside: Stability and Interaction with Food Ingredients. *Lebensm.-Wiss. u.-Technology*. 32: 509-512.
- Ledward, D.A. 2000. Gelatin, in G.O. Phillips and P.A. Williams *Food Hydrocolloids*. Boca Raton: CRC. pp. 67-86.

- Lee, J. I., Kang, K. H., Park, H. W., Ham, Y. S. and Park, C. H. 1980. Studies on the new sweetening source plant, *Stevia rebaudiana* in Korea. Effects of fertilizer rates and planting density on dry leaf yields and various agronomic characteristics of *Stevia rebaudiana*. Research Reports of the OYce of Rural Development (Crop Suwon). 22: 138–144.
- Lester, T. 1999. *Stevia rebaudiana*. Sweet leaf. The Australian New Crops Newsletter. 11: 1.
- Leuenberger, B.H. 1991. Investigation of the viscosity and gelation properties of different mammalian and fish gelatins. Food Hydrocolloids. 5: 353-361.
- Lewis, W.H. 1982. Early uses of *stevia rebaudiana* (Asteraceae) leaves as a sweetener in Paraguay. Economic Botany. 46: 336–337.
- Lima, F. O. F. and Malavolta, E. 1997. Nutritional interactions in *Stevia* (*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni). Arquivos de Biologia e Tecnologia Curitiba. 40: 351-357.
- Lovering, v.M. and Reeleder, R.D. 1996. - First report of *Septoria steviae* on *Stevia* in North America. Plant Disease. 80: 959.
- Magalhaes, P.M. 2000. Agrotecnologia para el cultivo de estevia ohierba dulce. In 'Fundamentos de Agrotecnologia de Cultivo de Plantas Medicinales Iberoamericanas,' CYTED-CAB, Bogota. pp. 441-450.
- Magomet, M.H., Tomov, T., Somann, T. and Abelyan, V.H. 2007. Process for manufacturing a sweetener and use there of US patent application 0082103.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

- [http1://www.agronews.gr](http://www.agronews.gr)
- [http2://www.underwoodgardens.com/images/Stevia.JPG](http://www.underwoodgardens.com/images/Stevia.JPG)
- [http3://www.rolv.no/images/planteleksikon/S/stevia\\_rebaudiana.jpg](http://www.rolv.no/images/planteleksikon/S/stevia_rebaudiana.jpg)
- [http5://www.jeevanherbs.com/stevia.html](http://www.jeevanherbs.com/stevia.html)
- [http7://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_steviol.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_steviol.htm)
- [http8://upload.wikimedia.org/wikipedia/hu/e/e7/Steviol.PNG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/hu/e/e7/Steviol.PNG)
- [http10://www.rain-tree.com/index.html](http://www.rain-tree.com/index.html)
- [http11://theteachick.com/wp-content/uploads/2009/01/stevialeaf.jpg](http://theteachick.com/wp-content/uploads/2009/01/stevialeaf.jpg)

- [http12://vt-fiddle.com/shop/images/stevia\\_leaf.jpg](http12://vt-fiddle.com/shop/images/stevia_leaf.jpg)
- <http14://www.vitadiscount.com/vitasprings/stevia-concentrate-liquid-wisdomnatural.jpg>
- <http15://www.topnews.in/health/files/protein-rich-food.jpg>
- <http16://www.ldmj.com/images/j1.gif>
- <http17://www.chemistry.uoc.gr>
- <http18://www.cookuk.co.uk/images/gelatine.jpg>
- <http19://www.speakpeppery.com/wp-content/uploads/2008/06/starch.jpg>
- <http20://www.feinberg.northwestern.edu>
- <http21://pf.pstatic.gr/Pathfinder/News/articles/60/2498160.jpg>
- [http22://www.teiath.gr/stetrod/food\\_technology/olig\\_polys.pdf](http22://www.teiath.gr/stetrod/food_technology/olig_polys.pdf)



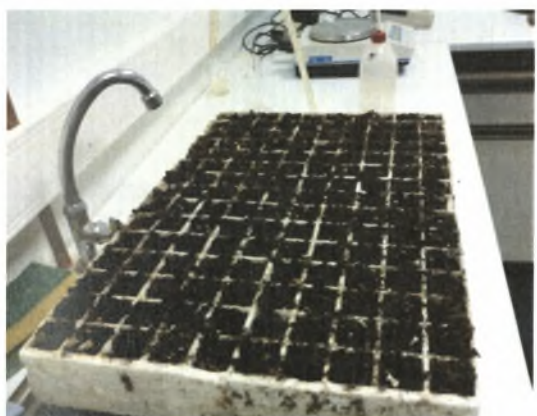
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ



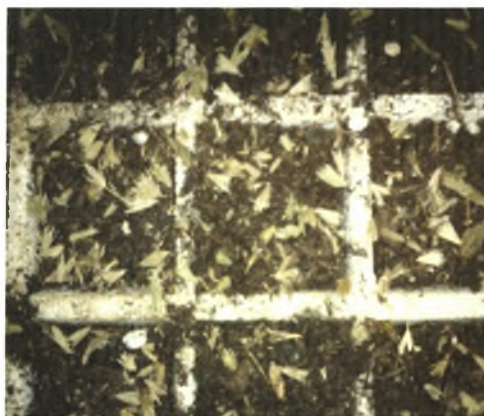
**Εικόνα 1**



**Εικόνα 2**



**Εικόνα 3**



**Εικόνα 4**

**Εικόνες 1,2,3,4 προετοιμασία παραγωγή σπορόφυτων στέβιας στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής.**





**Εικόνα 5: Κοτυληδόνας στέβιας  
στις 25 Μαΐου 2011**



**Εικόνα 6: Ριζικό σύστημα στέβιας  
στις 25 Μαΐου 2011**



**Εικόνα 7: Κοτυληδόνας στέβιας  
στις 25 Μαΐου 2011**



**Εικόνα 8: Φυτό στέβιας  
στις 25 Μαΐου 2011**



**Εικόνα 9: Σπορόφυτα στέβιας έτοιμα  
για μεταφύτευση στις 15 Μαΐου 2011**



**Εικόνα 10: Μεταφύτευση φυτεία (Βελεστίνο)  
στέβιας στις 20 Μαΐου 2011**



**Εικόνα 11: φυτό στέβιας στις 25 Ιουνίου 2011**



**Εικόνα 12: Φυτό στέβιας στις 25 Ιουνίου 2011**

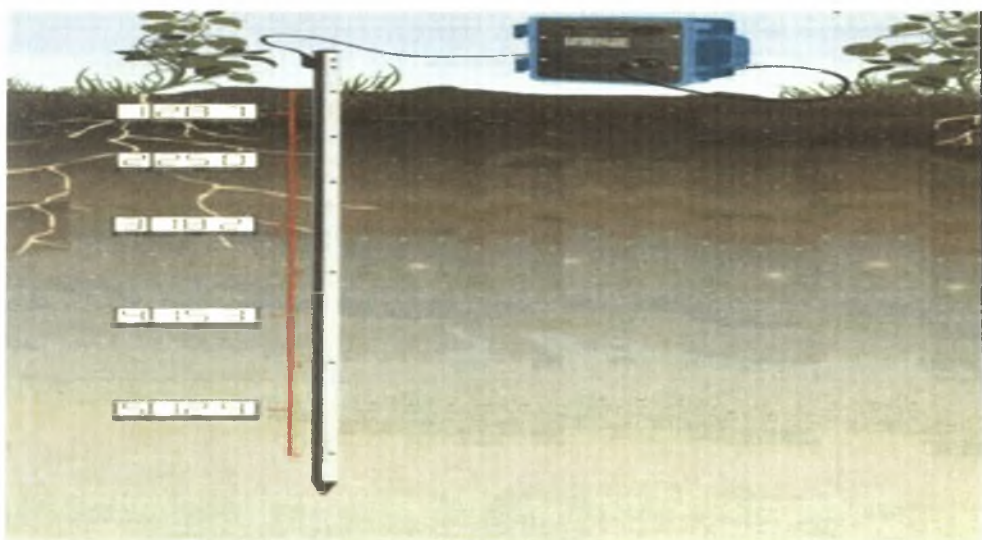




**Εικόνα 13: Διάνοιξη οπών για τη τοποθέτηση των αισθητήρων T.D.R. (Time Domain Reflectory) για τη μέτρηση εδαφικής υγρασίας.**



**Εικόνα 14: Τοποθέτηση αισθητήρα T.D.R.**



**Εικόνα 15: Εικονική διάταξη του μετρητή T.D.R. και μετρητή**



**Εικόνα 16: Γενική άποψη του πειράματος στις 20 Ιουλίου 2011**



**Εικόνα 17: Γενική άποψη του πειράματος στις 10 Αυγούστου 2011**



**Εικόνα 18: Γενική άποψη του πειράματος στις 10 Οκτωβρίου 2011**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000118521